



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 박사학위논문

주거지의 건축 요소가
일조 시간에 미치는 영향

2017년 8월

서울대학교 대학원

환경계획학과

남 성 우

주거지의 건축 요소가 일조 시간에 미치는 영향

지도교수 최 막 중

이 논문을 도시계획학 박사학위논문으로 제출함

2017년 4월

서울대학교 대학원

환경계획학과

남 성 우

남성우의 박사학위논문을 인준함

2017년 7월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국 문 초 록

그간 도시계획 분야에서는 지속가능한 도시를 위한 에너지 소비에 효율적인 도시형태의 발굴을 시도해 왔다. 20세기 후반의 압축도시 이론을 중심으로 하여 21세기 현재의 저탄소도시, 스마트도시 등 기후변화에 대응하고 에너지 저소비형 도시공간의 조성을 위한 정책들로 변화·발전하고 있다.

도시공간에서 건물은 나홀로 입지하지 않으며 주변 건물들과 함께 입지하여 지역과 도시의 형태와 구조를 형성하는데, 도시 형태에 따라 형성되는 미기후로 인해 건물 내에서 에너지를 소비하는 행태에 영향을 미쳐 궁극적으로 에너지 소비가 변화한다는 인과관계가 이루어진다. 이러한 미기후 중 태양광선을 받는 일조는 주거의 쾌적성 뿐만 아니라 조명, 냉난방 에너지 소비에도 밀접한 관련이 있으며, 보편적으로 일조량이 많은 주거지를 선호하기 때문에 일조는 주거지 선택에 중요한 기준이 된다.

그렇다면, 어떤 주거지가 일조 확보에 유리한가? 이와 관련하여 종합적인 답을 제시한 연구는 아직까지 부재하다. 그리하여 본 연구는 개별 건물들이 모여 기하학적 형태와 구조를 생성하는 도시 공간 내 주거지 형태와 태양에너지인 일조 확보와의 관계와 그 영향을 규명하는 것을 주요 목적으로 하여, 일조량 확보에 효율적인 주거지형태 모델과 건축요소들의 영향력 분석을 통해 주거지에 양호한 일조 환경을 조성하기 위해 고려해야 할 요인들을 도출하고자 하였다.

본 연구에서는 우리나라의 주거지 특성을 반영하고자 유형을 저층주거형, 아파트형, 혼합형 등 3가지로 구분하고, 선행연구들의 고찰을 통해 주거지의 건축요소들로 건폐율, 용적률, 차폐비, 건물높이, 건물 향 등 5가지 요소들과 일조시간과 상관관계를 가질 것으로 예상되는 높이편차,

경사도를 추가로 선정하여 분석을 진행하였다. 분석대상지로 선행 연구에서의 형태적 대표지역 25개소와 서울의 대표적인 주거지역 7개소를 추가 선정하였으며, 선행 연구들을 반영하여 500×500m의 격자 형태로 분석대상지 규모를 선정하여 연구를 진행하였다.

분석을 위해 분석대상지 내 건물의 평면에 따른 높이 값을 GIS자료에 속성으로 구축하고 이를 3차원으로 모델링해주는 과정과, 지형정보가 포함되어 있는 DEM과 연계하여 2차원 GIS자료를 지형이 반영된 3차원 모델로 변환해주는 과정이 함께 이루어졌다.

주거지 건축요소에 대한 유형별 분석 결과, 건폐율에 대한 유형별 평균은 저층주거형이 36.6%로 가장 높고, 혼합형이 32.7%, 아파트형이 18.1%로 가장 낮게 나타났다. 용적률의 유형별 평균은 저층주거형이 108.6%, 아파트형이 250.7%, 혼합형이 176.5%로 나타났으며, 건물간격에 대한 건물높이의 비율인 차폐비의 경우 아파트형이 4.3으로 가장 낮고, 혼합형이 5.9, 저층주거형이 6.1로 높게 나타났다. 건물높이에 대해서는 아파트형이 49.6m로 가장 높고, 혼합형이 11.1m, 저층주거형이 7.2m로 나타났으며, 건물 향은 아파트형이 180.0°로 가장 남향이고, 저층주거형 182.1°, 혼합형 187.9°로 서향으로 편향되어 나타났다. 높이편차는 저층주거형이 7.8m, 혼합형이 13.3m, 아파트형이 26.9m, 지형을 판단하는 경사도의 경우 혼합형이 5.0°, 저층주거형 3.7°, 아파트형 1.2°로, 아파트형이 가장 평지에 가까운 지역에 입지하고 있다.

일조시간 분석 결과에서는 저층주거형이 5.1시간으로 가장 높고, 혼합형이 4.5시간, 아파트형이 4.4시간 순으로 분석되었다. 공동주택의 동지일 일조시간 분석에서는 반포동1이 연평균 6.3시간에서 동지일 6.0시간으로 일조시간이 가장 많은 가운데 소폭 감소하였고, 압구정동의 경우 연평균 4.7시간에서 동지일 4.5시간으로 역시 소폭 감소하였다. 상계동(4.6→3.8), 반포동2(3.8→3.0), 잠실동(3.5→2.9)은 일조시간 감소폭이 상대적으로 컸다. 잠실동은 연평균 일조시간과 함께 동지일 일조시간도 전체

대상지중 가장 적은 일조시간을 보이는 것으로 분석되었다. 도곡동의 경우에는 3.6시간→3.4시간으로 감소량이 적었다. 동지기간에 총 일조량이 4시간(서울고법 판례의 일조권 수인한도 기준)에 미달되는 대상지들은 상계동(3.8), 잠실동(2.9), 반포동2(3.0), 도곡동(3.4)으로 건축법의 인동거리 기준이 준수되어 건설된 공동주택들이 수인한도 기준을 충족하지 못하는 문제점이 발견되었다.

주거지의 건축요소들과 일조시간의 관계 및 영향을 분석하기 위해 상관분석과 다중 회귀분석을 실시하였다. 상관분석 결과 일조시간은 용적률(-0.764), 차폐비(-0.556), 건물높이(-0.498), 높이편차(-0.396)와 상관성을 가지는 것으로 나타났으며, 건폐율과는 상관관계가 유의하게 나타나지 않았다. 건물 향과 경사도 요소들은 그 특성상 일조시간과의 상관분석의 결과와 해석이 어려워 산포도를 통해 관계를 해석하였는데, 두 변수 모두 유의한 패턴을 보이지 않았다.

모형 1로 전체 건축요소들을 독립변수로 하여 일조시간과 회귀분석을 실시한 결과 표준화계수에 의해 용적률이 -0.889(유의확률 0.000)로 가장 영향력이 큰 형태 요인으로, 차폐비가 -0.355(유의확률 0.002)로 용적률 다음으로 영향력이 큰 것으로 나타났다. 건폐율은 상관관계 분석 결과를 볼 때, 일조시간과 정(+)의 관계를 보인 건축요소로서 회귀분석 결과에서 나타난 부(-)의 영향을 미치는 결과와 정합성을 보이지 않았다.

모형 2는 용적률, 차폐비 2개 요소들을 독립변수로 하여 일조시간과 회귀분석을 재실시한 결과다. 모형 1과의 차이를 살펴보면 용적률의 경우 모형 2에서 비표준화계수와 표준화계수가 감소한다. 표준화계수가 감소한다는 것은 영향력이 작아진다는 것을 뜻한다. 차폐비를 보았을 때 모형 1에 비해 모형 2에서 비표준화계수와 표준화계수가 모두 증가한다. 이는 차폐비의 설명력이 높아진 것으로서 모형 1에서의 용적률을 포함한 다른 건축요소들의 설명력이 차폐비로 전환되었다는 것으로 해석할 수

있다. 또한 차폐비의 유의확률은 0.002→0.000으로 낮아져 모형 2의 차폐비 계수의 일조시간에 대한 유의성이 높아졌다.

주거지의 건축 요소들과 일조시간 간 상관분석 및 회귀분석을 통해 도출된 결과들을 종합해 볼 때, 일조시간은 용적률, 즉 밀도에 가장 중요하게 영향을 받는 것을 확인하였다. 밀도에 차선하여서는 차폐비가 영향을 미치는 데, 만일 동일한 밀도일 경우 차폐비를 통해 일조가 차등화되는 관계가 형성된다.

분석대상 주거지들은 저층의 건물 간격이 좁은 주거지보다 모더니즘 도시와 같이 고층의 건물 간격이 넓은 주거지형태로의 차폐비 저감이 보편적으로 이루어지고 있었으며, 반대로 저층화의 형태로 차폐비를 낮추어 일조시간을 더 확보하는 경우와 지형, 주동 배치의 영향 등에 의해 회귀모형으로 설명할 수 없는 관계를 나타내는 사례도 도출되었다. 특히 주동 배치의 경우 판상형 건물이 일렬로 배치될 경우 차폐비는 낮아져 일조에 효율적이고, 동서로 건물이 에워싸는 ㄱ자 배치에 가까울수록 인접 건물과의 간격이 가까워 차폐비가 높아져 일조환경이 열악해지는 것으로 평가되었다.

본 연구의 결과는 우리나라의 다양한 주거지 형태들 중 일조시간의 확보 관점에서 관계와 영향을 미치는 건축 요소들을 발굴하고, 회귀모형을 통해 일조에 효율적인 주거지 형태를 제시하고 있다. 가장 중요한 것은 고밀 개발은 일조 확보에 부정적인 영향을 미친다는 것이다. 이는 도시계획·관리 정책에 있어서 기존의 고밀압축도시 사상을 동경하여 단순히 고밀도시를 지향할 것이 아니라 일조를 포함한 환경적·에너지 소비적으로 종합적인 측면에서 도시 형태를 고려하고 접근해야 한다는 시사점을 준다. 에너지 관점에서 차폐각도의 조절을 통한 더 많은 일조의 확보는 난방 수요와 조명에너지 소비를 감소시키기 때문에 에너지 총량적으로 저감효과를 수반한다.

그러나, 인구 성장 등으로 인한 토지의 효율적 이용과 부동산 개발

에 따른 수익성 측면에서 볼 때, 고밀 개발은 선택의 여지가 없다. 도시 계획에서는 지역별 특성에 맞게 밀도를 관리하고 있으므로, 가급적 현재의 적정 밀도를 유지하려는 노력이 필요하다.

동일한 밀도 상에서는 차폐비가 낮은 주거지 형태가 일조 확보에 유리하다. 동일 밀도에서의 차폐비 조정은 건물 높이를 높이는 대신 건물 간격을 넓히거나, 건물 높이를 낮추는 대신 건물 간격을 좁히는 관계를 통해 가능하다. 유사 밀도의 대상지들을 비교해 본 결과, 고층화로 차폐비를 낮추는 모더니즘 도시의 형태와 저층화를 통해 차폐비를 낮춤으로써 일조환경을 양호하게 만드는 사례들이 모두 나타나고 있다. 고층화를 통한 주거지는 역세권이나 고밀 개발이 필요한 지역에 적합한 모델로, 서울의 사대문안과 유럽의 역사도심 등 건축물의 최고높이 규제가 필요한 지역은 저층화된 주거지 방식을 활용하여 차폐비를 낮추는 모델 대안으로 적합해 보인다.

공동주택은 판상형의 배치형태가 차폐비가 낮고 일조시간을 가장 많이 확보하는 것으로 예측된다. 특히, 판상형은 건폐율은 높아도 차폐비는 낮아 다양한 형태에서 일조 확보에 유리한 것으로 판단된다. 이에 비해 탑상형은 타워식 주동 형태가 ㄱ자, ㄴ자 형태에 비해서는 일조시간이 많았다. ㄱ자, ㄴ자 주동 형태는 남향에 비해 불리하고, 인접 주동에 대해 음영을 형성시키는 부정적인 영향을 미친다.

공동주택들의 서울고법 판례에서 정한 일조권 수인한도 기준 미달은 건축법에서의 인동거리 규제가 일조권 확보에 제 기능을 하지 못하고 있는 것을 시사해준다. 그리하여 건축법 강화를 통해 현행 인동거리 기준에서 측면으로 인접한 주동과의 거리에 대해서도 포함시켜 이격 규제를 할 필요가 있다. 이와 더불어 건축계획 수립시 일조분석을 사전 평가하도록 의무화하고 인허가시 검토하도록 하여 건축법과 판례의 일조권 규제에 정합성을 가지도록 해야 할 것이다. 일조분석 범위도 개발대상지 뿐만 아니라 주변지역을 포함함으로써 주변 지역의 영향도 함께 평가될

수 있도록 해야 할 것이다.

도시계획적으로 일조를 고려하고 관리할 수 있는 방안을 모색해 볼 때 용도지역제도의 용적률, 그리고 높이 기준을 적용해 볼 수 있다. 또한 차폐비를 도시계획 법·제도에 적용하기 위해서는 현행 건축법의 ‘일조권 사선제한’ 제도를 보완하여 차폐비 개념을 반영할 것을 제안한다.

본 연구의 결과는 지속가능한 도시와 주거환경을 위한 도시계획·설계적 가이드라인 수립시 반영될 수 있다. 또한 기후변화 대응 측면에서 에너지 소비와 온실가스 배출을 저감하기 위한 도시 형태의 모델 개발에도 활용될 수 있을 것이다.

최근의 스마트 도시 분야에서는 ICT, IoT 등 스마트 설비와 신재생 에너지 인프라의 공급 뿐만 아니라 스마트한 도시계획, 도시설계를 구현하고자 그 개념과 전략 등을 모색하고 있다. 본 연구자는 스마트한 도시계획·설계는 데이터를 기반으로 도시를 계획·설계하고, 컴퓨터 모델링을 통한 일조, 바람, 그늘 등의 도시환경 분석을 통해 도시계획가들과 정책결정권자들이 더 나은 대안을 모색하는 것으로, 스마트한 도시계획의 주요한 실행 수단으로 본 연구의 방법론과 연구 결과들이 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

주요어: 주거지 건축요소, 일조 시간, 3차원 도시모델, 관계 및 영향 분석, 지속 가능한 도시형태, 스마트 도시계획 및 설계

학 번: 2013-30703

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
1) 연구 배경	1
2) 연구 목적	3
2. 연구의 범위 및 방법	5
1) 연구 범위	5
2) 연구 방법	7
 II. 이론 및 선행연구 고찰	 11
1. 지속가능한 도시형태에 대한 전통적 논의	11
2. 도시형태와 일조 간 관계 이론	16
3. 일조권 관련 제도	16
1) 일조권 규제의 역사적 배경	19
2) 현행 법·제도에서의 일조권 규제	21
4. 3차원 모델을 활용한 에너지·미기후 분석	24
5. 소결	37
1) 요약 및 시사점	37
2) 선행 연구와의 차별성	41

Ⅲ. 주거지형태 및 분석대상지 선정	43
1. 우리나라 주거지의 형태적 특성	43
2. 주거지유형 및 건축요소 선정	52
1) 주거지형태 유형화	52
2) 주거지 건축요소	52
3. 분석대상지 선정	58
1) 대상지 선정 기준	58
2) 대상지 규모 및 도시형태	61
 Ⅳ. 주거지 건축요소 및 일조시간 특성 분석	 64
1. 자료 구축	64
1) 주거지 건축요소	64
2) 일조 시간	69
3) 구축 결과	71
2. 주거지 건축요소 특성 분석	73
1) 건폐율	73
2) 용적률	74
3) 차폐비	75
4) 건물 높이	77
5) 건물 향	78
6) 높이 편차	80
7) 경사도	81

3. 일조시간 특성 분석	83
1) 연평균 일조시간	83
2) 공동주택의 동지일 일조시간	84
V. 주거지 건축요소와 일조시간의 관계 및 영향 분석	86
1. 상관관계 분석	86
2. 회귀모형을 통한 영향 분석	91
3. 일조시간 증대 방안	95
4. 차폐비 저감을 위한 공동주택 배치형태	98
VI. 결론	100
1. 연구 의의	100
2. 연구 한계 및 제언	103
1) 연구 한계	103
2) 연구 활용방안 및 과제	104
참고문헌	105
Abstract	111

표 목 차

<표 1-1> 분석 대상지 선정	6
<표 2-1> 지속가능한 도시개발을 위한 부문 및 정책목표	12
<표 2-2> 도시형태가 에너지 수요에 미치는 영향	17
<표 2-3> 건물군 변수에 따른 기온형성 범위	32
<표 2-4> 도시형태와 에너지 소비의 관계 요약	38
<표 2-5> 선행 연구와의 차별성	42
<표 3-1> 건축법/주택법 상 주택의 유형 구분	45
<표 3-2> 서울의 주거지 유형	47
<표 3-3> 서울의 주거지 유형별 대표지역 및 도시 형태	48
<표 3-4> 서울의 도시형태 유형 및 대표 지역	49
<표 3-5> 주거지 건축요소들의 개념 및 정의	57
<표 3-6> 선행 연구와 본 연구에서의 분석대상지 선정	60
<표 3-7> 선행연구에서의 분석대상지 규모	61
<표 3-8> 분석대상지 별 도시형태	63
<표 4-1> GIS건물통합정보 데이터셋의 속성 정보	66
<표 4-2> 주거지 건축요소 및 일조시간 자료 구축 결과	72
<표 4-3> 건물 향별 범위 및 평균 일조시간	79
<표 5-1> 상관관계 분석 결과	87
<표 5-2> 주거지 건축요소별 회귀계수	91
<표 5-3> 회귀모형 결과	92

<표 5-4> 유사 밀도에서 일조시간 증대 방안	96
<표 5-5> 용도지역에서의 밀도 및 높이 규제	97
<표 5-6> 고밀 공동주택 대상지별 주동 배치	99

그 립 목 차

<그림 1-1> 연구의 공간적 범위	6
<그림 1-2> 연구의 방법	8
<그림 1-3> 연구의 구성체계	10
<그림 2-1> 산업혁명기 영국의 주거환경	20
<그림 2-2> 일조권 규제에 대한 유형별 기준	22
<그림 2-3> 런던시 에너지 분석에 사용된 DEM	24
<그림 2-4> 주택의 차폐각도와 향·난방과의 관계	25
<그림 2-5> 오피스의 차폐각도, 밀도와 에너지 소비와의 관계	25
<그림 2-6> 오피스 건물의 에너지소비에 대한 차폐각도의 영향	26
<그림 2-7> 에너지 소비에 영향을 미치는 요인들	27
<그림 2-8> London, Toulouse and Berlin 중심부의 DEMs	28
<그림 2-9> 건물 차폐각도와 에너지원별 연간 에너지 소비	28
<그림 2-10> 도시특성과 난방에너지 소비 간 상관관계	29
<그림 2-11> ‘Virtual London Model’과 런던 건물의 총 노출표면적	30
<그림 2-12> 시뮬레이션 케이스의 조합	31
<그림 2-13> 기후존별 도시블록 특성	33
<그림 2-14> 시뮬레이션을 위한 조건 설정	34
<그림 2-15> 일조환경 분석 결과	35
<그림 3-1> 서울의 도시조직: 자연발생형/격자형/단지형	51
<그림 3-2> 주거지 유형 및 건축요소 선정	53

<그림 3-3> 공동주택의 인동거리 적용 기준	55
<그림 3-4> 분석대상지들의 용적률 분포	59
<그림 3-5> 서울시 내 분석대상지 분포	62
<그림 4-1> 주거지형태 자료 구축 과정	69
<그림 4-2> 일조시간 자료 구축 과정	70
<그림 4-3> 대상지별 건폐율 특성	73
<그림 4-4> 대상지별 용적률 특성	75
<그림 4-5> 대상지별 차폐비 특성	76
<그림 4-6> 대상지별 건물높이 특성	78
<그림 4-7> 대상지별 건물 향 특성	79
<그림 4-8> 대상지별 높이편차 특성	80
<그림 4-9> 대상지별 경사도 특성	82
<그림 4-10> 대상지별 연평균 일조시간 특성	83
<그림 4-11> 공동주택의 연평균/동지일 일조시간 비교	85
<그림 5-1> 건물 향-일조시간 산포도	89
<그림 5-2> 경사도-일조시간 산포도	90
<그림 5-3> 용적률/차폐비와 일조시간의 관계	94
<그림 6-1> 주거지 밀도와 일조시간의 관계	101

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구 배경

21세기 전 세계의 화두는 단연 인류의 ‘지속가능성’과 ‘기후변화에 대한 대응’을 꼽을 수 있다. 이러한 문제들에 맞서 UN 등 국제사회를 비롯하여 국가, 지방정부, 공동체, 그리고 개인에 이르기까지 모든 부문에 걸쳐 지속가능성을 담보하고 기후변화 대응을 위한 다양한 시도와 노력들을 하고 있다.

이러한 여건 속에서 도시계획·설계 분야에서도 ‘지속가능성’과 ‘기후변화’ 담론들을 적용·발전시키기 위해 꾸준한 실험과 연구 활동들이 이루어져 왔는데, 그 큰 흐름은 20세기 중반부터 나타나기 시작한 New Urbanism, Urban Village, Smart Growth, 대중교통 중심개발(TOD), 걷고 싶은 도시 등 지속가능한 도시를 위한 사상과 이론들로 발전되어 왔다.

지속가능한 도시를 위한 또 다른 측면에서는 에너지 소비에 효율적인 도시를 발굴하기 위한 연구들이 시도되어 왔는데, 이 부분은 기후변화 대응을 위한 도시 개념과도 밀접한 연결고리를 가지고 있다. 20세기 후반에 나타난 압축도시(Compact City)이론은 도시가 고밀화 될수록 에너지 효율이 높아진다는 것인데, 도시가 고밀화 되어 압축될수록 이동거리가 짧아져 교통에너지 소비가 감소한다는 것이 요지다(Newman and Kenworthy, 2009). 이러한 압축도시 사상은 21세기 현 시대의 저탄소도시, 스마트도시 등 기후변화에 대응하고 에너지 저소비형 도시공간을 조성하기 위해 적용되고 있다.

이러한 변화의 노력에 대한 결과인지는 몰라도, 실제 도시에서의 에

너지 소비 패턴이 교통에너지 중심에서 전기 등 건물에너지에서 소비하는 에너지로 변화하고 있다. 우리나라의 경우 석유 소비량은 줄어드는 반면 전력 소비량은 빠르게 증가하고 있는 추세에 있다.¹⁾ 특히 서울과 같은 대도시 지역의 경우에는 교통과 관련된 수송 부문의 에너지 소비에 비해 건물에서 소비하는 가정·상업 부문에 더 많은 에너지를 소비하고 있다.²⁾ 국내 뿐만 아니라 해외의 경우에도 영국은 전체 에너지소비의 절반 이상을 건물에너지에서 소비하고 있으며, EU 전체의 경우 41%, 미국의 경우 36%를 건물에서 소비하는 에너지가 차지하고 있다.

도시는 다양성과 복잡성을 가진 유기체로서, 그 공간 안에서 건물을 나 홀로 입지하지 않으며 다른 건물들과 함께 관계를 형성하면서 도시의 공간구조화 형태를 형성한다. 이러한 도시구조나 형태에 따라 지역의 고유한 환경이 형성되는데, 대표적으로 기온, 습도, 바람, 그리고 일조 등 미기후가 형성·변화하게 되며, 이 미기후가 건물 내에서 에너지를 소비하는 인간 행태에 영향을 미쳐 궁극적으로 에너지 소비가 변화한다는 인과관계가 이루어질 수 있다.

미기후는 쾌적한 정주 환경을 결정짓는 가장 중요한 외적 요인이다. 특히 일조는 주거의 쾌적성 뿐만 아니라 조명, 냉·난방 에너지 소비와도 밀접한 관련을 가지며, 보편적으로 일조량이 많은 주거지를 선호하기 때문에 주거의 선택에 있어서 중요한 기준이 된다.

그렇다면, 어떤 주거지형태가 일조에 유리한가? 이에 대해 직접적인 해답을 제시한 연구는 아직까지 부재하다고 판단한다. 서구에서는 런던, 베를린 등 현실 도시의 형태 요인들과 도시에서 최종 소비되는 전기·난방 에너지와의 관계를 살펴보는 연구들이 중심이 되어 진행되어 왔는데 (Steemers, 2003; Ratti, Baker & Steemers, 2005; Rode, Keim, Robazza, Viejo & Schofield, 2013; Steadman, Hamilton & Evans, 2014), 도시형

1) , 「제2차 에너지기본계획」, 2014, p.11.

2) 서울특별시, 「서울시 지역에너지 계획」, 2015, p.8-9.

태와의 관계 해석이 일조가 아닌 에너지를 대상으로 이루어졌다.

반면 국내에서는 건축물 단위와 단지 규모의 가상 모델을 구축하고 인동간격과 건물 배치방위각이 일조에 미치는 영향을 분석한 연구가 진행되었으나(정숙진·윤성환, 2015), 실제 도시의 다양한 형태적 특성들이 반영되지 않은 가상의 모델을 활용하여 분석이 진행되었으며, 도시적 규모에 미치지 못해 연구 범위의 한계를 가지고 있다.

태양에너지로서 일조를 최대한 확보함으로써 주거환경의 쾌적성 제고와 에너지 저소비 측면에서 도시의 형태와 구조를 결정하는 물리적 특성과의 관계와 영향을 밝히는 것은, 지속가능성과 기후변화 시대의 대응을 위한 주거지 방향을 제시하는 데 기여할 수 있다. 또한 주거지 형태와 일조의 정량화로 데이터베이스 기반의 스마트한 도시 및 주거지 모델을 구축함으로써 계획가들과 정책 결정권자들이 대안을 결정하는 데 효과적인 방법론을 제시할 수 있는 연구가 필요한 시점이다.

2) 연구 목적

본 연구는 개별 건물들이 군집하여 기하학적 형태와 구조를 생성하는 도시 공간 내 주거지 형태와 태양에너지인 일조 간의 관계와 형태가 일조에 미치는 영향을 규명하는 것을 주요 목적으로 한다. 그리하여 주거지의 형태를 구성하는 건축 요소들과 일조에 대한 정량화 및 통계적 분석을 위해 데이터베이스화된 자료를 구축한다.

이를 통해 일조량과 상관관계를 가지는 주거지의 물리적 특성들을 도출하고, 일조량 확보에 최적인 주거지형태 모델과 건축 요소들의 영향력 분석을 통해 주거지에 양호한 일조 환경을 조성하기 위해 고려해야 할 요인들을 도출한다.

주거지 형태는 입지적 특성과 용도지역에 따라 유형화될 수 있다.

그리하여 주거지의 유형화를 통해 유형별 형태 특성과 일조와의 관계 특성을 살펴보고, 일조 확보에 효율적인 주거지 유형을 제안한다.

이러한 관계 분석을 통해 도시계획 측면에서 일조에 효율적인 주거지 형태와 이를 구성하는 건축요소들을 제안하여 21세기 기후변화에 대응하고 에너지소비를 저감하는 스마트 도시로의 방향 전환을 위한 정책적 시사점을 제시한다.

○ 연구 질문

본 연구는 다음과 같은 질문들에 대한 해답을 제시하기 위해 진행되었다. 첫째, 주거지형태와 일조는 관계가 있는가? 이 질문에서는 주거지의 다양한 형태들을 유형화하고 형태를 구성하는 건축요소들을 도출하는 과정과, 그 요소들과 일조분석 결과를 정량화하여 상관관계를 밝히고자 한다.

둘째, 어떠한 건축요소들이 일조에 얼마나 영향을 미치는가? 이를 밝히기 위해 앞서 도출된 상관관계 결과를 토대로 건축요소들이 종속 변수인 일조에 미치는 인과관계와 영향력을 규명하고 일조에 효율적인 모형을 도출한다.

셋째, 본 연구의 결과가 현행 제도에 주는 시사점은 무엇인가? 도시계획적 수단을 통해 형태를 결정짓는 밀도와 건축물 용도가 규제되는데, 일조에 효율적인 주거지 모델의 도입을 위해 제도적 방향을 제안하고자 한다. 비단 도시계획 수단 뿐만 아니라, 일조에 영향을 미치는 주거지 건축요소들의 발굴을 통해서도 당해 지역의 도시계획 규제를 준수해야 하는 건축물 또는 집합건축물의 계획 수립 시 대안을 제시한다.

2. 연구의 범위 및 방법

1) 연구 범위

본 연구에서 다루는 내용적 범위는 주거지 형태 요인들과 일조 간 상관관계 및 영향을 밝히는 것이다. 주거지 형태의 경우 선행연구 고찰을 통해 대표적인 주거지의 건축요소들을 도출하며, 일조는 분석 대상지들에 대한 연평균 일일 일조시간으로 정의하여 분석한다. 동지일의 일조시간의 경우에는 12월 22일을 동지로 하여 일일 일조시간으로 범위를 정한다.

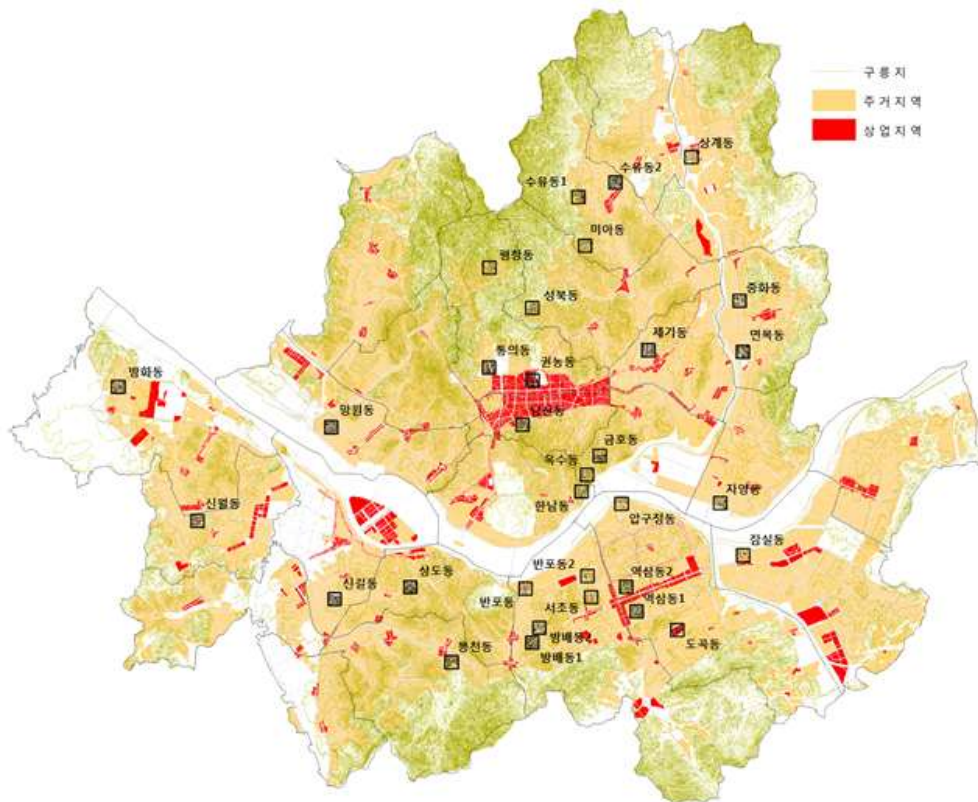
연구의 공간적 범위로 가상의 도시 모델이 아닌 실존하는 도시를 대상으로 선정한 주거지역들에 대한 3차원 디지털 모델을 구축한다. 이를 활용하여 주거지의 건축요소들과 일조시간에 대한 정량적 수치들을 데이터베이스화 한다.

분석대상지는 선행연구들을 참고하여 서울의 대표적인 주거지형태들로 사례를 선정한다. 선행연구는 Seoul Development Institute and International Seminar on Urban Form(2003)과 서울시정개발연구원(2009)의 문헌들로, 서울의 도시주거지 형태의 유형화 및 대표지역들이 선정되어 있다. 이중 Seoul Development Institute and International Seminar on Urban Form(2003)의 경우 대표지역 6개소를, 서울시정개발연구원(2009)은 29개소를 선정하였는데, 용도상 비주거지역과, 중복되거나 도시 형태와 무관하게 인구밀도에 의해 선정된 지역들 10개소를 제외하여 총 25개소를 선정하였다. 이와 함께 본 연구에서 서울의 전형적인 주거지역 7개소를 추가 선정하여 총 32개 분석대상지를 최종 선정하였다(표 1-1, 그림 1-1).

분석대상지의 규모는 선행연구에서의 대표지역 선정 규모와 도시공간의 다양성과 주거지 특성을 반영하여 500×500m 격자형의 블록으로 정한다.

<표 1-1> 분석 대상지 선정

주거지 유형	분석 대상지
저층주거형 (10)	성북동, 평창동, 신길동, 제기동, 통의동, 면목동, 수유동1, 수유동2, 상도동, 망원동
아파트형 (7)	반포동1, 상계동, 압구정동, 도곡동, 서초동, 잠실동, 반포동2
혼합형 (15)	금호동, 방배동1, 방화동, 중화동, 역삼동2, 봉천동, 남산동, 권농동, 자양동, 신월동, 미아동, 방배동2, 한남동, 역삼동1, 옥수동



2) 연구 방법

(1) 선행연구 고찰을 통한 주거지의 건축요소 도출

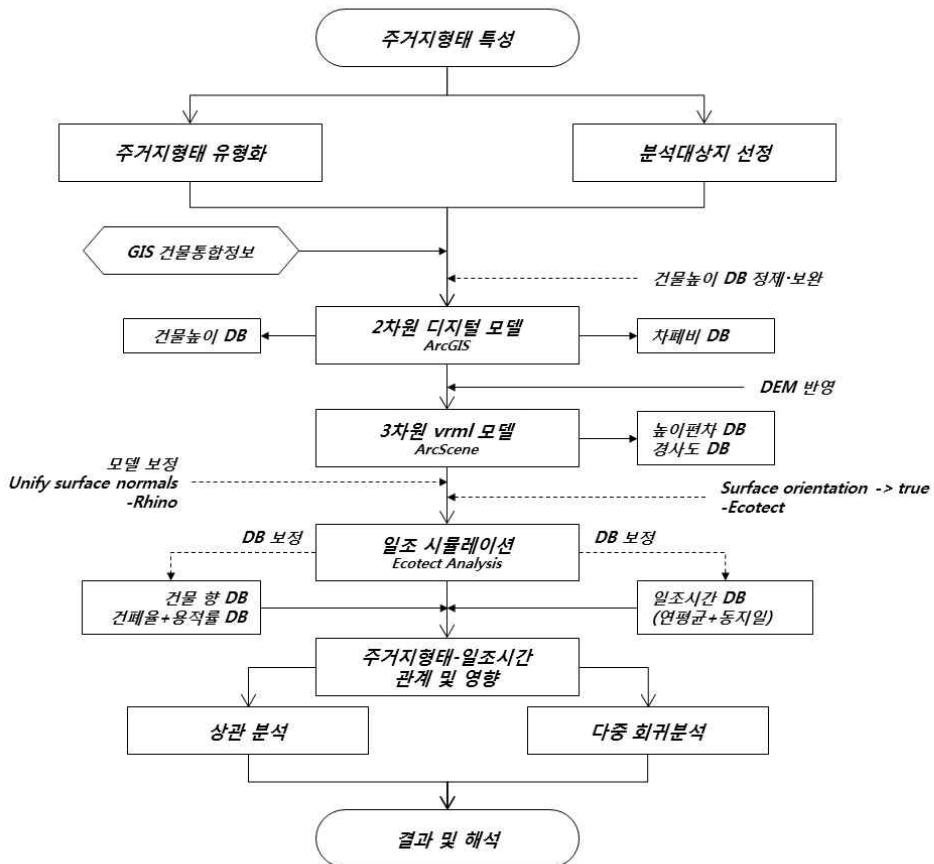
본 연구의 주요한 연구수행 방법은 다음과 같다. 첫째, 도시주거지의 형태와 태양에너지인 일조를 중심으로 미기후 및 에너지 소비와의 관계를 다룬 선행연구들의 주요한 이론들과 분석 결과, 그리고 분석 방법론들을 고찰한다. 이를 통해 일조에 관계 및 영향을 미치는 것으로 판단되는 주거지의 건축요소들을 도출한다.

(2) 주거지형태 유형화 및 분석대상지 선정

둘째, 주거지 형태를 유형화하고 분석대상지를 선정한다. 주거지 유형화는 기존에 선행된 서울의 도시형태 관련 연구들에서 분류한 유형들을 기초로, 일조와 관련된 형태 요인들을 고려하여 우리나라의 대표적인 주거지 유형으로 판단한 저층주거형, 아파트형, 혼합형 등 3가지 유형으로 분류한다. 분석대상지도 기존 선행 연구들에서 도출된 대표지역들과 본 연구에서 추가한 지역들로 선정한다. 이렇듯 대상지 선정과정은 기존 연구에서 도출된 형태적 대표지역들을 최대한 적용함으로써 편향성을 최대한 배제하고자 하였다.

(3) GIS 기반 분석대상지 3차원 디지털 모델 제작

셋째, 선정된 분석대상지들에 대한 주거지형태 특성을 도출하기 위해 3차원 디지털 모델을 제작한다. 대상지별 3차원 모델은 국가공간정보포털에서 제공하고 있는 ‘GIS 건물통합정보’의 수치지형도와 공간정보를 기본으로 활용한다. 공간정보 중 건물높이 정보의 정제 및 보완 과정과 함께 지형모델인 DEM(Digital Elevation Model)을 반영한 3차원



<그림 1-2> 연구의 방법

VRML(Virtual Reality Modeling Language) 모델을 제작함으로써 주거지형태 분석과 일조 시뮬레이션을 위한 모델을 구축한다. 3차원 모델의 구축과 주거지형태 특성 분석 과정은 ArcGIS Desktop의 ArcMap과 ArcScene 프로그램을 활용하여 진행되었다.

(4) 주거지형태 및 일조 자료 구축

넷째, 분석대상지별 주거지형태 특성인 건축요소들과 일조시간에 대

한 정량화된 자료를 구축한다. 주거지 건축요소의 도출을 위해 대상지별로 구축한 GIS 모델을 활용하여 공간분석을 실시하여 데이터베이스를 구축하였다. 일조시간에 대한 자료는 친환경 건축을 위한 환경 분석 및 평가 소프트웨어인 Ecotect Analysis로 32개 분석대상지 별로 시뮬레이션을 실시하고 데이터베이스를 구축하였다.

(5) 주거지 건축요소와 일조의 관계 및 영향 분석

다섯째, 도출된 주거지의 건축요소 및 일조 데이터베이스를 활용하여 두 요인 간 관계 및 영향을 분석하기 위해 상관분석과 회귀분석을 실시한다. 상관분석을 통해 일조시간과 상관관계를 가지는 주거지 건축요소들을 도출하고, 이들 요소들이 일조시간에 미치는 영향과 인과관계 등을 파악하기 위해 회귀모형을 도출한다. 이 분석을 위해 IBM SPSS Statistics 21 프로그램이 사용되었다.

(6) 정책적 시사점 및 향후 방향 제안

이러한 관계 및 영향 분석 결과를 통해 관련 법제도에서 고려되고 반영되어야 할 정책적 시사점을 제안한다. 또한 도시계획·설계 적 측면에서 향후 주거지가 형태적으로 나아가야 할 방향을 제시한다.

제1장	<ul style="list-style-type: none"> 연구 배경 및 목적 / 연구 범위 및 방법
제2장	<ul style="list-style-type: none"> 도시형태와 에너지·미기후 간 관계 이론 3차원 모델을 활용한 에너지·미기후 분석
제3장	<ul style="list-style-type: none"> 주거지 형태 요인 선정 분석대상지 선정
제4장	<ul style="list-style-type: none"> 주거지 형태 및 일조시간 자료 구축 주거지 형태별 분석 일조시간 분석: 연평균 일조시간 / 공동주택의 동지일 일조시간
제5장	<ul style="list-style-type: none"> 주거지형태-일조시간 상관관계 분석 / 다중 회귀분석 결과 검증 및 적용
제6장	<ul style="list-style-type: none"> 결론 / 한계 및 제언

<그림 1-3> 연구의 구성체계

Ⅱ. 이론 및 선행연구 고찰

1. 지속가능한 도시형태에 대한 전통적 논의

지속가능한 개발은 ‘환경적으로 건전하고 지속가능한 개발 (Environmentally Sound and Sustainable Development, ESSD)을 의미하는 것으로, 이러한 개발에 따른 환경적 지속가능성의 문제는 19세기 말부터 거론되어 왔으며, 1970년대 들어 지속가능한 개발이란 용어로 사용되기 시작되어 왔다.

1987년 ‘환경과 개발에 관한 세계위원회(World Commission on Environment and Development, WCED)’가 펴낸 「우리 공동의 미래 (Our Common Future)」라는 제목의 보고서를 통해 지속가능한 개발의 패러다임이 널리 알려지게 되었는데, 1992년 브라질의 리우 데 자네이루에서 열린 ‘유엔 환경개발 회의(United Nations Conference on Environment and Development: UNCED)’의 주 의제가 되면서 전 세계의 관심사가 되었다.

Breheny and Rockwood(1994)는 모든 도시지역에서 취해야 할 지속가능한 개발을 위한 공통적인 목표를 크게 자연자원, 토지이용, 교통·에너지 및 오염과 쓰레기 부문으로 선정하였다(표 2-1). 그들이 제시한 지속가능한 개발의 목표들 중 도시 특성과 에너지에 직접적인 관련을 가지는 것은 토지이용 및 교통과 에너지 부문으로, 이들 항목은 도시의 지속가능성을 위해 계획·설계 측면에서 가장 중요한 요소들이다. 특히, 에너지 효율적인 건물형태와 배치는 지속가능성에서 고려해야 할 도시의 물리적 요소 중 하나로 판단된다.

지금까지의 지속가능한 도시개발에 관한 연구 중 도시공간계획과 관련된 내용으로는 도시구조, 도시밀도 등과 도시환경문제와의 상관성, 고밀도시의 장점, 교통과 에너지 효율, 신주택지역의 개발과 환경보전 등에

<표 2-1> 지속가능한 도시개발을 위한 부문 및 정책목표

부문	정책 목표
자연 자원	<ul style="list-style-type: none"> · 야생동물 포함, 생물 다양성의 증대 · 도시 및 농촌의 생물량(나무 등) 증대 · 지하수와 양질의 표토 손실을 복구 · 재생가능한 자원의 이용 및 생산
토지이용 및 교통	<ul style="list-style-type: none"> · 통근 및 일상적인 활동거리를 단축 · 대중교통에 의한 통행비율을 높임 · 연료소비를 최소화하기 위해 대중교통 이용 · 식품, 재화, 서비스에 있어 지방의 자족성 강화 · 대중교통이 편리한 지역을 집중 개발
에너지	<ul style="list-style-type: none"> · 화석연료 소비를 축소 · 재생 가능한 에너지원으로 생산: 태양열, 풍력, 조력 · 단열, 열병합발전(CHP), 지역난방 이용 · 에너지 효율적인 건물형태와 배치
오염 및 쓰레기	<ul style="list-style-type: none"> · 산업, 발전소, 교통 등에서 오염물질 방출을 감소 · 대기, 수질, 토양개선을 위한 종합대책 · 폐기물 발생 총량의 감축 · 폐쇄순환과정을 이용 · 폐기물의 재활용

출처: Breheny and Rockwood(1994)

관한 일련의 연구들을 들 수 있으며, 이들 선행연구들의 요지는 도시토지이용·교통계획, 주거단지계획 등 도시형태 또는 도시구조와 관련된 주요 도시개발 정책수단을 통해 에너지 효율성을 제고하고, 환경오염 감소 및 환경적 쾌적성을 유지하여 지속가능한 개발의 목표를 달성하고자 하는 것이었다(진원형·이재하, 1998).

이외에도, 도시에서 일어나는 행태의 다양성은 도시의 지속가능성에서 필수적이다. 이러한 다양성 이론은 많은 계획적 접근들, 예를 들어 New Urbanism, Smart Growth, 그리고 Sustainable Development와 같은 사상에 폭넓게 적용되고(Jabareen, 2006), Jacobs 등에 의해 대중화되

었다.

초기 에너지 효율성에 대한 문제들은 지속가능한 개발이라는 개념 안에 고정되어 있었는데, 압축도시 이론이 지속가능한 도시 형태에 대한 담론을 지배하기 시작하였다(Newman, 1992; Wolsink, 2003). 압축화와 토지이용의 통합은 이동의 종착점을 군집화하고, 대중교통과 비 원동기 적 이동수단에 대한 더 나은 잠재력을 만든다. 그리하여, 많은 계획가들을 포함한 연구자들에게 도시의 압축성은 지속가능성을 성취하기 위한 중요한 요소이며, 지속가능한 도시는 압축적이고, 조밀하고, 다양하고, 고도로 통합되어야 한다고 주장한다(Jabareen, 2006).

이러한 도시의 압축성으로 인한 사람들의 행태의 집중은 주된 환경적 문제로 종종 인식되지만, 그러한 집중은 오히려 자원을 공유함으로써 환경적 이점을 줄 수도 있다. 토지를 보다 더 압축적으로 이용하고 인프라(에너지 및 물 공급, 배수, 도로, 건물과 대중교통)를 공유하는 것은 건설, 유지관리와 관련되어 1인당 에너지를 줄이는 역할을 한다(Steemers, 2003). 특히, 도시공간의 건조형태로서의 압축성은 이전에 미개발 도시토지의 개발과, 기존 건물들 또는 기 개발된 지역들의 재개발, 필지분할과 전환, 그리고 추가와 확장을 포함한다(Jenks, 2000).

새로운 에너지원들의 발견은 도시의 모습과 특성을 이전보다 자유롭게 해주는 계기를 마련한다. 19세기 전기의 탄생으로 전력망을 통해 생산지로부터 원거리로 전송이 가능해지면서 도시의 수직적인 확장이 진행되기 시작하였고, 이는 수직도시(Vertical City)의 출현에 공헌하게 된다. 또한, 20세기 초 석유의 발견과 내연 기관 등 산업기술의 혁신과 자동차 소유는 분산된 거주 패턴의 배치로 인해 이른바 수평도시(horizontal city)를 가능하게 하였다(Chiri and Giovagnorio, 2012).

1970년대의 오일쇼크와 1980년대 지속가능한 발전 개념의 등장으로 말미암아, 도시의 지속가능한 개발 차원에서 주 에너지원인 화석에너지와 전기에너지의 소비 효율을 높이고, 소비를 저감하기 위한 방안들이

논의되기 시작하였다. 이러한 논의들은 도시계획 관련 학자들이 도시가 가지는 주요 특성들과 연관 지어 연구들을 진행하여 왔으며, 그 연구 결과들에 대해 학자들 간 다양한 견해와 담론들이 이루어져 왔다. 이러한 연구들의 주요 대상은 도시 형태적 측면과 도시규모 및 밀도 측면에서 에너지소비 및 효율에 연관성이 있는지, 어떠한 영향을 미치는지를 정량적·정성적으로 밝히고자 하였다.

일반적으로, 도시 형태는 토지이용 패턴, 교통체계, 그리고 도시설계와 관련된 특성들의 혼합이다(Handy, 1996; Jabareen, 2006). Kevin Lynch(1981)는 도시 형태를 “도시에서 거대하고, 타성적이고, 영구적인 물리적인 형체”로 정의하고 있다. 형태는 반복적인 요소들이 많게 또는 적게 군집하고 있는 결과이며, 그러므로 도시 형태는, 도시패턴이라는 수많은 요소들, 개념들을 함께 묶어낸 결과인 것이다(Jabareen, 2006).

이러한 도시 형태와 관련하여 단일중심 집중형 개발패턴 및 단일중심과 몇몇 소규모 중심지로 분산된 개발의 효율성을 다룬 연구(Rickaby, 1987), 지나치게 집중되어 교통 혼잡을 야기하는 단일중심 집중형과 비교하여 다핵집중 개발의 효율성에 대한 연구(Gorden, Richardson and Wong, 1986; Anderson, Kanaroglow and Miller, 1996), 저밀의 분산된 개발보다는 집중적 분산 개발이 필요하다고 주장한 연구(Owens, 1991; 진원형·이재하, 1998; Banister, 1992) 등이 수행되었다.

이와 함께, 도시특성 중 공간구조의 변화는 인간 활동 및 교통량에 영향을 미쳐 궁극적으로 에너지 사용량을 변화시키며(Wegener, 1993), 토지이용의 변화에 따라 약 10~15% 정도의 교통에너지 절약을 달성할 수 있다고 주장한 연구가 있다(심교언, 2000).

도시형태의 효과에 대해 비판적인 견해도 있다. Breheny(1995)는 도시 유형과 분산화에 따라 에너지 소비가 변화하는 정도가 미미하다는 연구 결과를 도출한 바 있고, Boarnet and Crane(2001)은 도시 형태에 의한 이동 행위보다 이동 선호(self-selection bias)가 교통에너지 소비에

더 크게 작용한다고 주장하였다. 즉, 도심에 거주하는 것이 교통에너지 소비 측면보다는 주거 선호가 우선하기 때문이라는 것이다.

도시 형태와 에너지 소비와의 상관관계를 분석한 연구들에서는, 도시 또는 주거 밀도가 높아질수록 1인당 휘발유 사용량이 감소함으로써 에너지소비와의 상관관계를 부의 관계가 있음을 밝혀낸 연구들이 중심으로 진행되어 왔다(Newman and Kenworthy, 1989; 안건혁, 2000; Holden and Norland, 2005; 조운애·김경환, 2008). 이러한 연구들은 교통 에너지를 줄이기 위해 아시아의 고밀 도시를 지향할 것을 주장하며, 압축도시를 대표적인 지속가능한 모형으로 간주한다. 이와 함께 교통에너지 소비와 밀도와의 상관관계 외에도, 규모 등이 상호 유의미한 관계가 있음을 밝힌 연구들도 있다(안건혁, 2000; Banister, Watson, and Wood, 1997; 심교언, 2000).

그러나, 도시 밀도가 교통에너지 소비에 영향을 미친다는 이론에 반론을 제기하는 연구들도 있다. 석유소비량의 차이가 밀도의 차이가 기인한다기 보다는 생활패턴과 통행습성(심교언, 2000)과 사회·경제적인 여건(Stead, 2001)이 에너지 소비에 더 큰 영향을 받는다는 것이다.

2. 도시 형태와 일조 간 관계 이론

도시 미기후(urban micro-climate)는 도시의 형태 또는 물리적 특성에 따라 도시 공간 내 기후가 미세하게 달리 나타나는 것이다. 미기후는 기후의 대표적인 요소들인 온도, 바람, 습도, 강우. 그리고 일조 등이 소규모 특정지역에 따라 다르게 나타날 수 있는데, 거시적 규모에서는 도시 형태, 미시적 규모에서는 건조 환경(built environment)에 따라 미기후가 영향을 받아 변화하게 된다.

Jabareen(2006)의 경우 개별 건물에 노출된 외부 온도, 풍속, 그리고 태양 복사량(solar radiation)은 지역의 ‘이론적’ 기후가 아니라 건물이 입지한 지역 또는 도시의 구조(geometry)에 의해 변형된 미기후로 보았다. 예를 들어 전원지역과 비교하였을 때 건물이 조성된 도시지역은 지표면 단위에서 노출된 표면 지역들을 더 많이 가지게 되고, 더 넓은 노출면 때문에 전원지역보다 도시지역에서 더 많은 일조량이 획득될 수 있다. 이처럼 도시에서는 태양에 대한 노출면이 건조 형태, 가로 폭과 향 등에 의해 상당히 영향을 받는다.

이러한 물리적 공간 특성으로 인한 미기후의 변화가 궁극적으로는 에너지 소비와 관계를 가지고 영향을 미친다는 것이 여러 문헌들과 이론들에서 증명이 되고 있다. Steadman(1979)은 도시의 밀도 변화가 태양에너지 획득의 변화를 야기 시키고, 궁극적으로 건물에서 소비하는 에너지에 영향을 미친다는 이론을 제시하였다. 그는 주거지에서 고밀도는 태양 에너지를 제공받을 수 있는 기회를 제한하게 됨으로써 추가적인 조명과 에너지 수요가 발생할 것이라고 하였으며, 이와는 반대로 저밀도에서는 태양에너지를 제공받을 수 있는 기회가 높아짐으로써 건물의 에너지 효율성을 높이는 데 기여한다고 보았다.

Owens(1992)는 도시의 형태가 에너지 수요에 미치는 영향을 연구하였다. 그는 토지이용에서의 배치, 향, 설계와 관련된 도시형태 요소들이

태양에너지의 이용과 관련이 있으며, 이를 통해 시원한 지역이 형성될 경우 에너지를 절약할 수 있다고 하였다. 또한, 입지, 배치, 조경, 재료 등에 의해 미기후를 적정화할 경우에도 영향을 미칠 수 있다고 하였다 (표 2-2).

Yannas(1998)는 도시에서 미기후를 증진하기 위한 도시 형태와 관련된 요소들을 연구한 학자다. 그는 건물 형태 측면에서는 건축 밀도, 태양과 하늘의 조망, 노출 표면적이 도시의 공간특성으로서 미기후에 영향을 미치는 요소들이며, 도시가로의 골짜기(canyon) 측면에서는 가로 폭과 높이의 비율, 가로의 향 등의 특성들을 도출하였다.

Hui(2001)는 도시에서 건물의 높은 집중도와 압축도는 혼잡하고 불쾌한 지역적 미기후를 형성시킬 수 있다고 하였다. 그는 도시의 밀도에 따라 나타나는 도시 형태와 이에 따라 나타나는 미기후와 관련된 영향들을 다음과 같이 설명하고 있다. 첫째, 도시지역에서 발생하는 열섬현상은 미기후로서 열을 배출하거나 가두고, 이는 냉방에너지의 수요를 증가시킬 수 있다. 또, 고밀지역에서는 일반적으로 자연채광의 가능성이 감소하

<표 2-2> 도시형태가 에너지 수요에 미치는 영향

토지이용 변수	내용	에너지 수요에 미치는 영향
요인들의 조합 (형태, 규모, 산재 등)	이동 수요 (이동 거리와 빈도)	에너지 수요가 150%까지 영향
활동의 분산	이동 수요(이동 거리)	에너지 수요가 130%까지 영향
도시지역의 형태	이동 수요	에너지 수요가 20%까지 영향
통행도달점의 밀도 혹은 군집	경제적인 대중교통의 제공	에너지가 20%까지 절약
토지이용과 건조형태, 밀도, 용도 혼합	CHP(열병합발전) 활용	효율이 100%까지 개선
배치, 향, 설계	태양에너지 이용	시원한 지역일 경우 12% 절약

고 전기 조명과 이로 인한 인공열의 발생으로 냉방 부하의 수요가 증가한다. 둘째, 건물의 열 성능으로 multi-story나 multi-unit과 같은 건물들은 건물의 표면적을 줄임으로써 열 손실을 줄일 수 있다. 셋째, 건물들 간의 간격으로 발생하는 음영은 여름철 태양의 자연광에 대한 노출을 감소시킬 수 있다. 넷째, 환기(통풍) 측면에서 건물들 주변으로 형성되는 바람직한 공기흐름 패턴은 고층 건물 블록들의 적절한 배열로 획득이 가능하다. 그러나 고층 대형 건물들의 집중은 도시 환기 조건에 장애가 될 수도 있다.

Mitchell(2005)은 도시 형태 및 건조 환경에 의해 형성되는 태양에너지의 차폐각도는 건물의 높이, 건물 평면의 깊이, 인접 건물과의 공간에 의해 형성되며, 이는 태양광 획득의 기회요소로 기능하는 공간 특성들이라고 하였다. 그는 도시의 배치가 건물 집단의 에너지 소비에 직·간접적으로 영향을 미치는데, 이중 직접적인 영향을 미치는 태양과 바람 중 태양은 건물에 난방 부하를 줄이는 열과 채광을 제공하는 대신, 냉방 부하를 야기할 수도 있다고 하였다. 바람의 경우, 여름철 도시블록에 좋은 바람의 제공을 위한 건물 디자인은 기계적 환기 증가 수요를 감소시키는 기회를 제공한다고 보았다. 도시 공간구조 적 관점에서 볼 때, 선형 패턴의 고밀 개발이 중앙집중식 개발보다 태양에너지의 획득과 함께 자연채광, 환기를 더 가능하게 한다고 주장하였다.

3. 일조권 관련 제도

1) 일조권 규제의 역사적 배경

도시계획사적 관점에서 일조권 개념이 나타난 계기는 영국에서 시작된 산업혁명에 따른 주거환경의 악화와 이를 개선하기 위해 「공중위생법(Public Health Act)」을 제정하는 역사적 과정에서 찾을 수 있다.

산업혁명은 인구 증가와 주택문제의 심각성을 가져왔는데, 1801년부터 1911년 사이에 도시인구가 9.5배로 증가했다고 추정된 기록이 있으며, 전체 인구의 79퍼센트가 도시 인구로 추정되었다(Pawley, 1971, p.10; 손세관, 2000, p.226). 1841년에 런던의 한 주거지역을 조사해 본 결과 27채의 주택에 665명이 거주했고, 6년 후인 1847년에는 1,095명이 거주하고 있었다고 한다. 이는 한 주택에 평균 40명이 거주했다는 것을 의미한다.

당시 인구성장 및 집중에 비해 적절한 시설 및 주택의 공급은 불가능했으므로 주택 부족으로 인해 역사상 유례가 없었던 지하주거가 성행했고, 최소한의 시설도 갖추지 않은 간이숙소 및 임대용 주거공간들이 난립했다. 또한, ‘백투백(back-to-back)’이라는 특이한 유형의 노동자주택이 등장하였다. 이러한 주거환경은 심각한 물 부족, 오물과 쓰레기의 방치 등으로 사망률이 증가하고 전염병의 온상이 되었다.³⁾ 특히 창고 부족으로 채광이 어렵고 환기가 어려운 주택구조로 항상 습기가 차 있으며, 대낮에도 촛불을 켜고 생활해야 하는 등 문제가 두드러졌다.

이후 도시주거 문제에 대해 사회개혁가들과 정치지도자들의 노력으로 1848년에 「공중위생법(Public Health Act)」이 제정되어 주거환경을 비롯한 전체적인 도시환경에 대해 규제와 통제가 이루어지게 된다. 이를 통해 지방의 각 도시들도 독자적인 조례를 제정하여 주거환경을 개선하기 위한 제도적 장치를 마련했고, 이러한 규제들은 주거환경의 개선에 상당한 영향을 주었고, 각 도시에는 ‘조례주택(by-law housing)’이 확산

3) 1832년에는 콜레라가 크게 유행하여 계층의 구분 없이 상당한 인명피해를 입었다.

되었다.

일조 확보와 관련된 측면에서 볼 때, 채광 및 실내 환기를 위해 「공중위생법」과 각 지방의 조례들은 창고 크기를 규제하기 시작했다는 것이 그 의의이다. 구체적으로 이 법규에 의거해서 1877년에 만든 모델조례(Model by-Law)에서는 창문의 크기가 바닥 면적의 1/10 이상이 되어야 한다고 규정되었다. 특히 백투백 주택을 강하게 규제했고, 이를 대신하여 전-후면이 서로 통하고 채광에 대한 요구를 반영한 주거형태가 도입된다.

이처럼 도시계획 제도의 역사적 측면에서 일조 확보는 도시로의 인구집중과 주택부족, 비위생적인 주거환경을 개선하기 위한 고려사항 중 하나로 인식되었다. 또한 도시계획법의 출발점인 영국의 「공중위생법」에서 쾌적한 주거환경과 삶의 질 향상을 위해 일조와 관련된 규제를 다루고 있어, 일조 확보 및 일조권이 도시주거지의 환경에 역사적으로 중요함을 시사한다.



[Gustave Doré의 작품 속에 묘사된
산업혁명기 런던 빈민가의 모습]
출처: Google



[Back to Back Housing, Liverpool]
출처: Liverpool City Group

2) 현행 법제도에서의 일조권 규제

도시계획이나 설계적 측면에서 일조는 어떤 의미를 가질까? 단순히 주거에서 태양에너지를 받는 것으로 인해 쾌적한 주거공간을 제공한다는 장점에서만 일조의 중요성을 강조할 수 없을 것이다. 복잡다양한 도시공간에서 우리의 법제도는 일조를 어떻게 규제하고 하고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

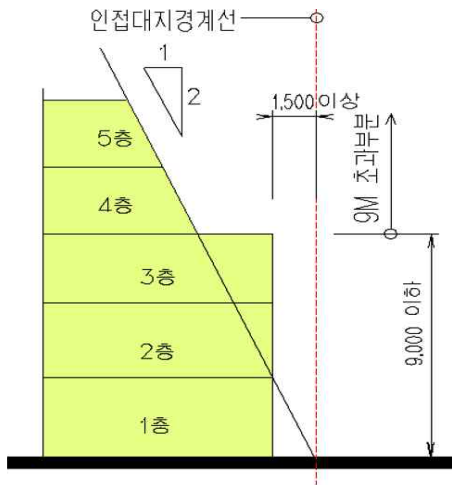
법에서는 일조를 획득할 권리를 뜻하는 ‘일조권’이라는 용어를 사용한다. 일조권은 헌법에 보장된 개인의 재산권(제23조)과 환경권(제35조)에 그 근간을 두고 있다. 일조에 대한 권리는 개인의 재산과 환경의 권리와 동일시 된다는 것이다.

이러한 일조권을 도시공간에서 확보하기 위해 건축법(제61조 및 동법 시행령 제86조)에서는 「일조 등의 확보를 위한 건축물의 높이 제한」을 명시하고 있다. 이 조항은 용도지역상 전용주거지역 또는 일반주거지역에 한정하여 적용하고 있기 때문에 건축법의 일조를 위한 높이 제한은 도시계획적 성격을 포함하고 있다.

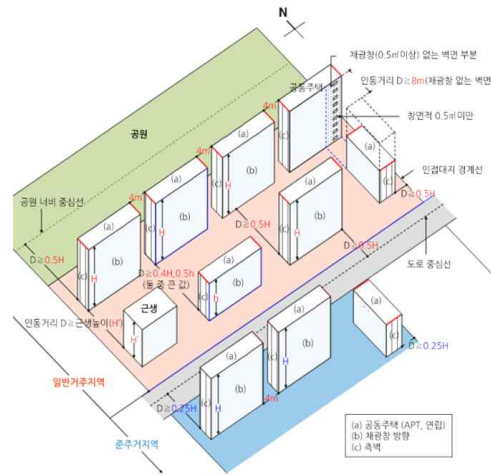
건축법령과 함께 일조권 침해를 결정하여 일조권 기준의 대표적인 사례가 된 손해배상 판례(서울고법 1996.3.29. 94나 11806)가 있다. 판례는 인근 공동주택 건설로 인한 일조권의 침해 정도에 대한 최소한의 기준, 즉 수인한도를 적용하였는데, 동지일 기준 9-15시 사이 6시간 중 연속하여 2시간 이상 또는 동지일 기준 8-16시 사이 8시간 중 최소 4시간 이상으로 일조가 확보되는 것을 기준으로 하였다.

이 판례에서는 “인간은 예로부터 햇빛을 자연의 혜택으로 향수하여 왔으며, 정신적인 면에서나 실제 생활면에서나 햇빛(일조)의 중요성은 아무리 강조하여도 지나치지 않을 것이다.”⁴⁾라고 언급하고 있으며, 주거의 우선순위를 제1순위가 일조, 제2순위가 조망, 제3순위가 프라이버시로 주

4) 발생의 나. 일조권 등 침해의 정도의 (1) 일조저해율의 (가)



[정북방향 인접대지 경계선에 대한 이격 기준]
출처: 이장범(2013), p.237



[공동주택의 일조권 적용 높이제한]
출처: 채광창과 인동간격, 네이버캐스트

<그림 2-2> 일조권 규제에 대한 유형별 기준

거환경을 좌우하는 영향요소를 명시하여 주거공간에서 일조의 중요성을 강조하고 있다.

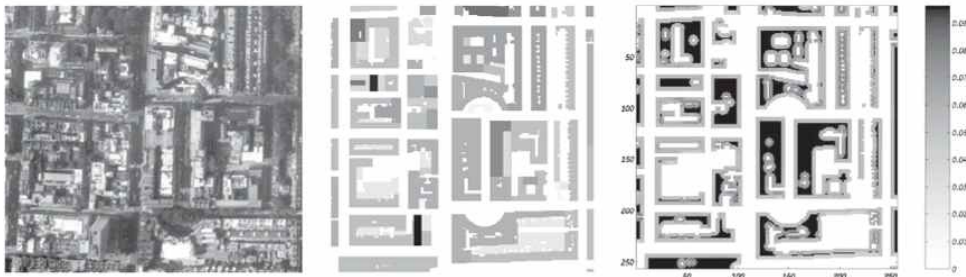
건축법 조항의 세부 사항에서는 일조요건을 개별필지 단위에서 정북 방향에 대한 높이제한과 공동주택 대지 내 인동거리 제한으로 구분하여 규제하고 있다(그림 2-2). 전자에 대한 규제는 전용주거지역 또는 일반 주거지역에 해당하는 개별 필지 내 건축물의 건축 시에는 일조 확보를 위해 정북방향에 대해 인접대지 경계선으로부터의 이격기준⁵⁾을 구체화 해놓았다. 후자인 공동주택은 아파트 동간 인동거리를 제한하고 있는데, 아파트 동 높이의 최소 0.5배 이상을 이격하도록 하고 지자체별 건축조례를 통해 이러한 기준을 강화할 수 있도록 하였다. 특히, 시행령 제86조 제3항 제2호에 서울고법 판례와 같이 동지일을 기준으로 9-15시 사이 2시간 이상을 계속하여 일조를 확보할 수 있는 거리 이상을 인동거리로 설정하도록 명시하고 있다.

5) 9m 이하 부분은 인접 대지경계선으로부터 1.5m 이상으로 하며, 높이 9m 초과 부분은 인접 대지경계선으로부터 해당 건축물 각 부분 높이의 1/2 이상을 그 기준으로 한다.

그러나 실제 건축법에서는 일조권 보호를 위한 장치가 높이제한 규정으로만 운영되고 있기 때문에, 일조권 소송은 끊이지 않고 있다. 건축 인허가 시 수인한도 기준을 준수하는 판단 없이 법령에 적법하게 설계되었는지만 판단하기 때문이다. 즉, 일조권과 관련하여 건축법과 판례가 서로 다른 기준을 적용하고 있어 혼선을 초래한다는 사실이다.

4. 3차원 모델을 활용한 에너지·미기후 분석

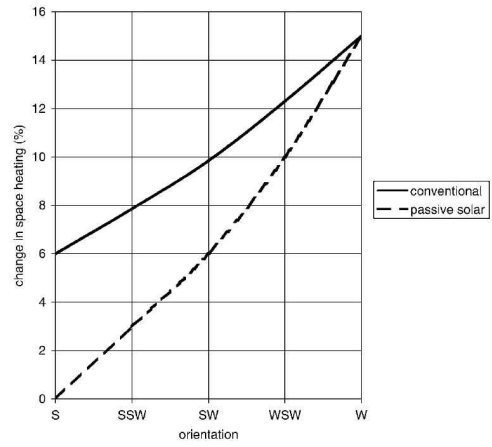
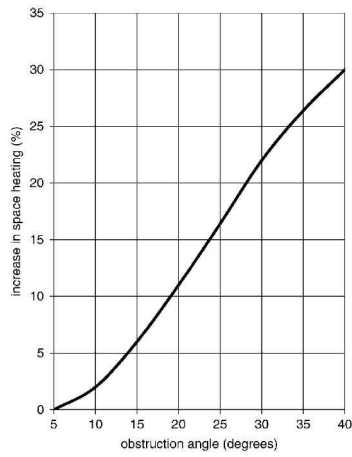
Steemers(2003)는 런던시의 디지털 수치모델(Digital Elevation Model)을 통해 도시 특성과 건물에너지 소비 간 관계를 분석한 연구자다. 그는 도시의 공간특성에서 태양광의 접근을 최대화할 수 있는 분산 개발과 태양에너지 획득을 위한 설계는 난방 수요를 감소시키는 데 큰 잠재력을 가진다고 하였다. 그는 고밀화로 인한 태양의 차폐각도(obstruction angle, 건물 높이와 건물 간 간격으로 인한 결과)증가는 에너지 효율적 측면에서 비 매력적이 된다고 주장하였는데, 이는 일조의 확보와 밀접한 연관성을 가진다.



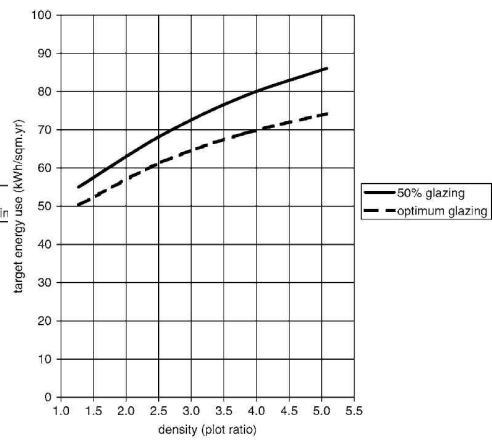
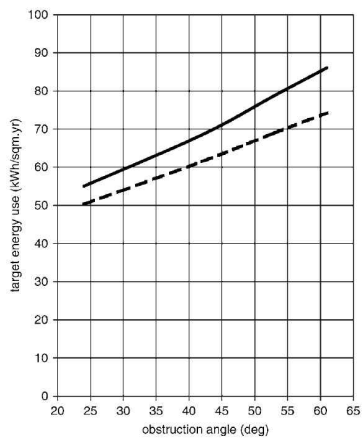
출처: Steemers(2003), p.11

<그림 2-3> 런던시 에너지 분석에 사용된 DEM

Steemers(2003)는 주택의 경우 차폐각도 증가시 태양에너지의 획득이 감소하게 되고, 6~15%의 에너지 수요가 증가하게 된다고 분석하였다. 건물들의 평균 높이가 증가하게 되면 건물 façade(전면부)에 대한 차폐각도가 증가하게 되고, 이로 인해 태양에너지의 획득량이 감소하게 되어, 결과적으로 난방에너지가 증가하게 된다. 주택에서의 태양에너지 획득량의 감소는 차폐각도 뿐만 아니라 건물 향에 의해서도 발생한다(그림 2-4). 건물 향이 정남 방향에 있을 때 난방에너지가 가장 적게 소요되며, 남→남서→서 향으로 움직일수록 에너지 소비는 급격히 상승하는 점을 보인다.



출처: Martin and March(1972); Steemers(2003), p.6-7
 <그림 2-4> 주택의 차폐각도와 향·난방의 관계

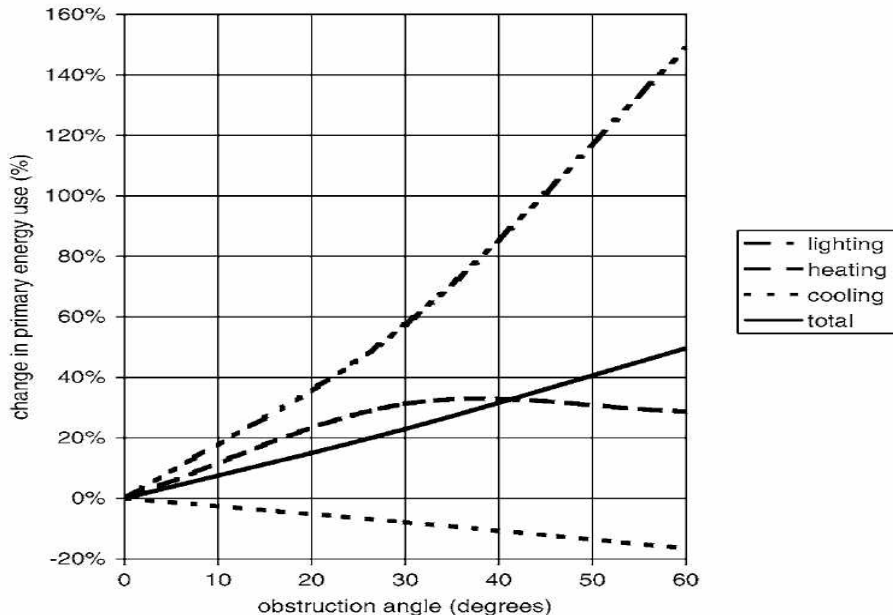


출처: Steemers(2003), p.12
 <그림 2-5> 오피스의 차폐각도, 밀도와 에너지 소비와의 관계

또한, 오피스 건물을 대상으로 총에너지 소비에 대한 분석 결과에서는 차폐각도가 10° 증가할 경우 에너지 소비는 약 10%가 증가하는 것으로 나타났으며, 건축 밀도가 2배 상승할 경우 에너지 소비는 25%가 증가하는 것으로 분석 결과가 나타났다(그림 2-5).

오피스 건물의 차폐각의 증가는 건물의 세부 에너지원들 중 조명에너지 소비는 급격히 증가하고, 난방의 경우 상승했다가 완만히 감소하는 추세를 보인다. 냉방의 경우에는 차폐각의 증가에 따라 에너지소비는 감소하는 것으로 나타나고 있다(그림 2-6).

Steemers(2003)는 건물의 유형도 에너지 효율에 영향을 미친다고 하였는데, 예를 들어 아파트는 난방 측면에서 단독주택(건물 깊이 10~12m)보다 40% 이상 효율적이라는 것이다. 이와 관련하여 Building Research Establishment의 조사에서 연립주택은 평균 열손실이 단독주



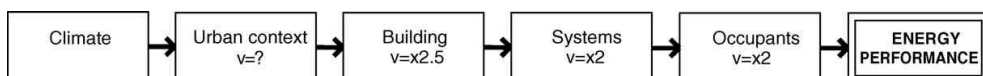
택에 비해 절반 이하임을 보여 주기도 하였다(Shorrock and Utley, 2003; Mitchell, 2005).

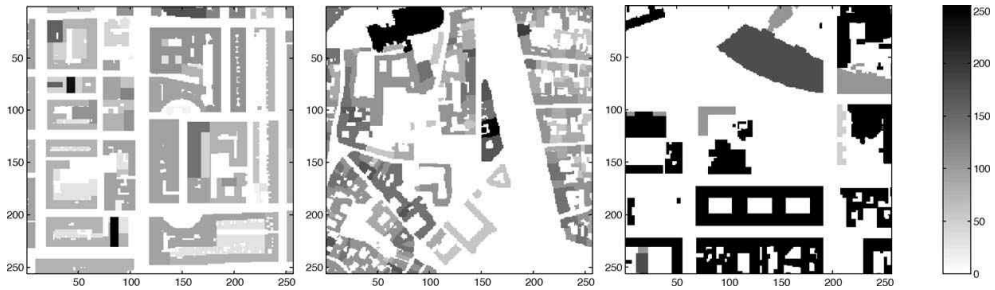
또한 건물의 깊이가 증가되면 자연채광 투과가 감소하여 5~10% 에너지 수요가 증가한다고 보고 있다. 건물 깊이가 증가하게 되면, 건물의 외피와 바닥면의 비율이 증가하게 되고, 실내로 들어오는 주광과 태양광이 감소한다. 그리하여 열과 조명에 대한 부하가 증가한다.

Baker and Steemers(2000)는 건물에서 에너지 소비에 영향을 미치는 과정과 그 요소들을 도출하였는데, 기후→도시적 맥락(도시형태)→건물→시스템→거주자→에너지성능의 단계로 영향을 미친다고 관계를 설명하였다(그림 2-7).

Ratti, Baker and Steemers(2005)는 London, Berlin, Toulouse(프랑스 남부) 3개 도시에 대한 400×400m 규모의 분석 대상지역들을 선정하고, 이에 대한 3차원 형태의 DEM을 구축하여 LT(Lighting, Thermal) 시뮬레이션 분석을 활용하여 에너지 소비를 측정하는 연구를 진행하였다(그림 2-8). 연구자들은 DEM에 대해 에너지 소비와 관련된 도시형태 측면의 변수들을 빠르게 도출하는데 효과적이라고 하였다.

Ratti, Baker and Steemers(2005)는 체적대비 표면율(surface-to-volume ratio)을 활용하여 도시 조직(urban texture)의 에너지 효율성을 분석하였는데, 겨울철 열 손실 저감을 위해서는 표면적을 최소화해야 되나, 이는 외부 환경에 대한 건물 노출면의 감소로 이어지게 되어 주광과 태양광의 가용성을 감소시키게 되고, 인공조명과 환기를 위한 에너지 소비를 증가시킨다고 하였다. 다시 말해 도시의 기하학적 구조는 건물 façade(전면부)에 대한 태양광(sunlight)과 주광(daylight)의 이용성에 직



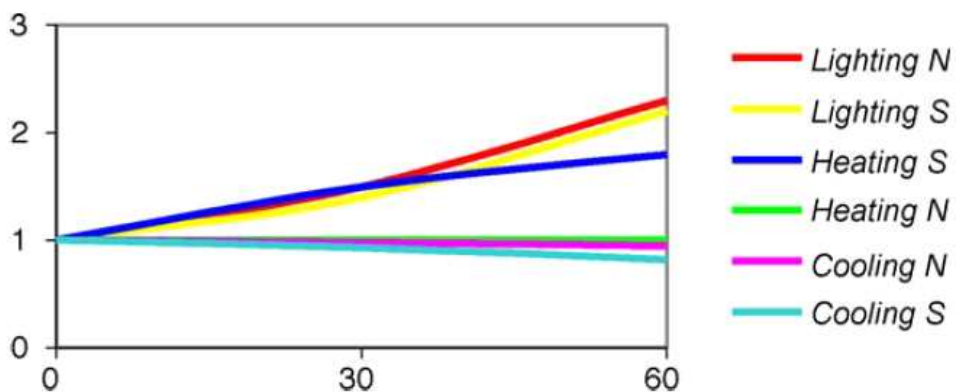


출처: Ratti, Baker and Steemers(2005), p.766

<그림 2-8> London, Toulouse and Berlin 중심부의 DEMs

접적인 관련을 가지는데, 고도로 차단된 도시지역은 유용한 주광과 태양광 획득이 박탈되고, 이로 인해 높은 에너지량의 투입이 요구된다는 것이다.

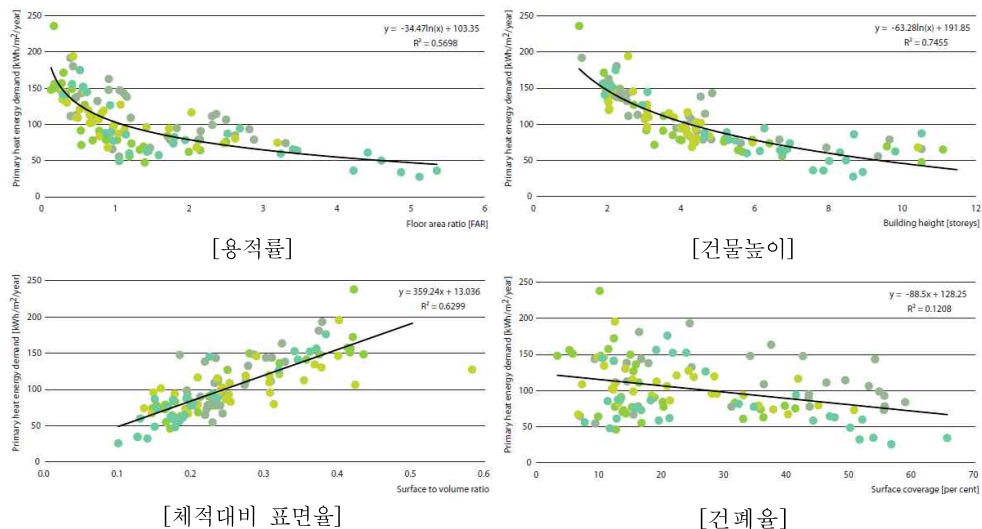
연구자들은 영국의 오피스 건물의 난방, 냉방, 조명에 대한 연간 에너지 소비와 건물 파사드로부터 스카이라인의 평균 높이, 즉 차폐각도의 영향을 분석한 바 있다. 분석 결과, 차폐각도가 증가할수록 겨울에는 남측 파사드가 유용한 태양에너지의 획득을 빼앗기게 됨으로써 난방 부하가 증가하고, 북측 파사드는 태양에너지 획득이 유의하지 않기 때문에



영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 반면, 여름에는 냉방에너지의 효과가 부(-)의 관계로 나타나는데, 그 영향이 미미하게 나타나고 있다. 조명에너지에서는 모든 방향에서 에너지 수요가 상승하는 것으로 분석되었다(그림 2-9).

LSE Cities and EIFER(2014)는 런던, 파리, 베를린, 이스탄불의 500×500m 샘플 지역을 대상으로 3차원 DEM을 구축하고, 난방에너지 사용에 대한 모델링을 통해 밀도, 건물 높이, 체적대비 표면율(surface-to-volume ratio) 등과의 상관성을 분석하였다. 연구결과로 난방에너지의 소비는 용적률, 건폐율, 건물높이와 부(-)의 관계, 표면-용적비율과는 정(+)의 관계가 발견되었다(그림 2-10).

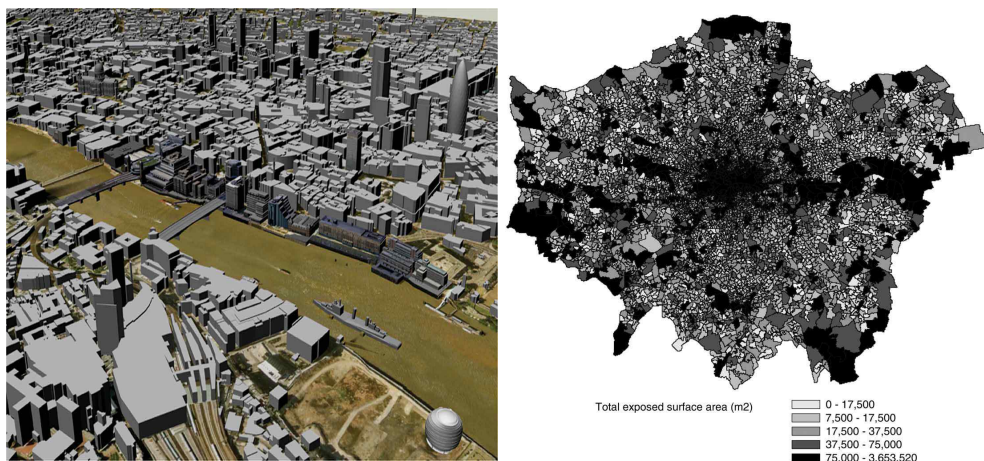
Steadman, Hamilton and Evans(2014)는 건물의 지리적 형태와 에너지 소비와의 관계를 실증 연구하였다. 그들은 연구에서 두 가지 가설을 설정하고 있는데, 첫 번째 가설은 ‘난방을 위한 에너지 소비가 건물의 총 노출면적(exposed area)과 상관관계를 가진다’와, 두 번째 가설은 ‘냉방과



인공조명의 사용량이 급격히 증가하는 평면 깊이의 한계 값이 있다’ 로, 이 두 가지 가설을 검증하기 위해 런던시의 3차원 DEM인 ‘Virtual London Model’을 구축하여 노출표면적을 포함한 도시의 물리적 형태요소들과 전기·가스 소비량에 대한 상관분석과 회귀분석을 실시하였다(그림 2-11).

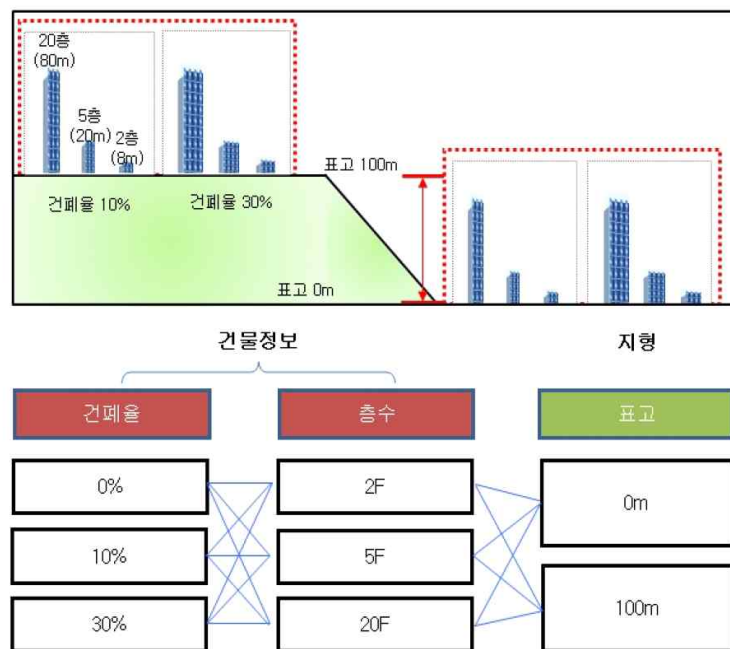
상관분석에서는 도시형태 변수로 용적(volume), 노출 표면적(exposed surface area), 건물 높이를 사용하였는데, 용적의 경우 전기와 가스에 대한 상관계수가 각각 $0.92(p<0.01)$, $0.89(p<0.01)$, 노출 표면적은 $0.76(p<0.01)$, $0.82(p<0.01)$, 건물 높이의 경우 $0.43(p<0.05)$, $0.51(p<0.01)$ 로 결과가 나타났다. 다중 회귀분석에서는 가스의 경우 총 노출 표면적(162.414)과 총 건물 연면적(57.98)은 가스 수요를 증가시키는 것으로 나타났다으며, 전기 수요의 경우, 총 노출 표면적(19.385)은 전기 수요를 증가시키고 총 건물 연면적(-5.17)과 총 건물 높이(-4863.912)는 전기 수요를 감소시키는 것으로 분석되었다.

국내에서도 도시의 물리적 특성 요인들과 미기후를 대상으로 한 관련 연구들이 이루어졌다. 여인애·이정재·윤성환(2009)은 도시기후 시뮬레



이전시스템(Urban Climate Simulation System, UCSS)를 활용하여 도시 에너지-열수지 현상을 특징짓는 주요 변수인 건폐율과 용적률을 입력조건으로 시뮬레이션을 실시하고 도시기후의 변화에 대한 정량적 평가를 수행하였다. UCSS는 도시기후 시뮬레이션 프로그램을 도시 GIS와 함께 시스템화한 것으로 일본정부에서 열섬억제 대책을 위해 활용하고 있는 시스템이다.

연구자들이 설정한 시뮬레이션은 1km×1km 해석격자에 북위 35.7도, 동경 139.7도의 가상 대상지이며, 대상일은 전형적인 여름철 기상조건을 반영하는 8월 3일을 기준으로 5시부터 다음날 자정까지 43시간 동안의 계산을 실시하였다. 시뮬레이션 분석을 위해 도시 특성요소로 도시피복 특성, 건폐율, 건물층수, 표고, 건물폭, 건물재료, 건물용도, 공조기 용량, 실내설정온도, 수목높이를 선정하였다.



분석 결과로 건폐율 10%에서 최고기온이 1.6℃ 가량, 건폐율 30%에서 전 케이스에서 0.2℃~1.2℃ 가량 상승하는 경향이 나타났고, 건물의 고층화가 풍속을 최고 1.1m/s까지 감소시키는 것으로 나타났다. 2층, 5층, 20층의 건물에서 최고기온은 5층(2층에 비해 2.1℃ 증가)에서 나타났으며, 일정 층수 이상으로 고층화가 진행되면 일영면적(overshadowing area) 증가에 따른 대류 현열량 감소가 기온에 반영되어 선형적인 고온화 현상은 나타나지 않는 것으로 나타났다. 습도의 경우 2, 5층 건물군보다 20층(2층에 비해 2.1g/kg 감소)에서 대체로 더 낮은 절대습도를 기록하며, 풍속의 경우에는 고층일수록 도시표면 조도(roughness)의 증가로 인해 낮아지는 것으로 나타났다(표 2-3).

이후 여인애·윤성환(2011)은 도시기후를 도시계획 및 건축계획과 접목하여 연구를 수행하였다. 연구자들은 수많은 건축밀도 계획요소 조합이 만들어내는 도시기후현상을 유형화하고 기하학적 도시공간구조를 구성하는 밀도계획요소들이 도시기후에 미치는 영향을 분석하였다.

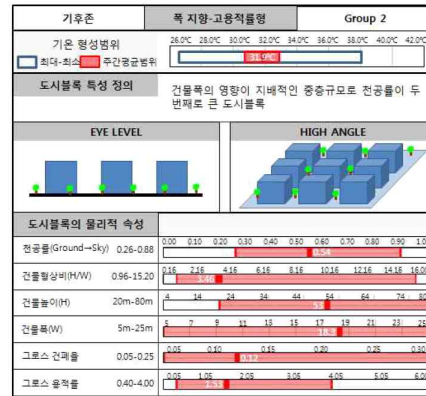
이 연구에서는 도시캐노피(canopy)라는 용어를 사용하고 있는데, 도시캐노피는 인간 활동이 행해지고 있는 지표층을 말하며 이것이 미기상·기후 특성에 큰 영향을 미친다고 하였다. 이러한 도시캐노피모델 내 도시블록의 기하학적 형상은 건폐율, 건물 높이, 건물 폭 정보로부터 결정된다고 하였다. 예를 들어, 건물군의 밀도와 층고의 조합이 만들어 내는

<표 2-3> 건물군 변수에 따른 기온형성 범위

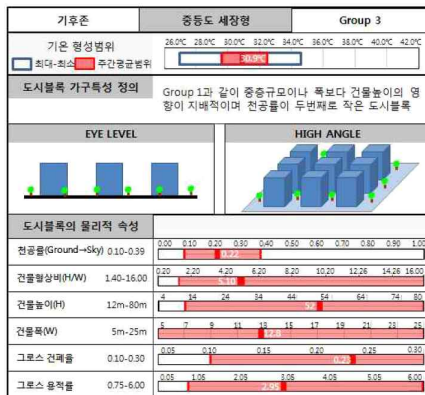
기온℃			건폐율 0%	건폐율 10%			건폐율 30%		
			-	2층	5층	20층	2층	5층	20층
표 고	0m	최고	31.1	30.6	32.7	32.7	31.1	32.5	31.3
		평균	27.9	27.7	28.7	29.1	28.2	28.8	28.6
		최저	24.1	24.5	25.2	26.2	25.2	25.7	26.3
	100m	최고	31.6	30.6	32.9	33.0	31.5	32.5	31.5



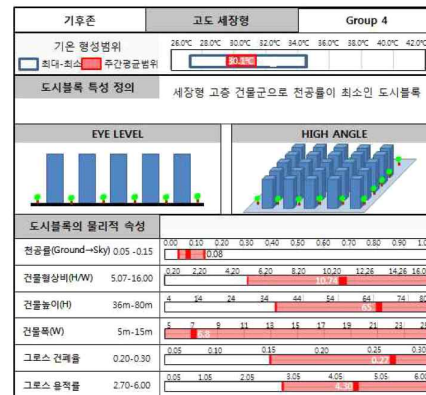
[기후준 1]



[기후준 2]



[기후준 3]



[기후준 4]

출처: 여인에·윤성환(2011), p.216

<그림 2-13> 기후준별 도시블록 특성

건물과 가로 의 형상은 바람의 영향과 일사의 위치에 맞물려 주야간의 고온화 사이클을 형성한다고 설명하고 있다.

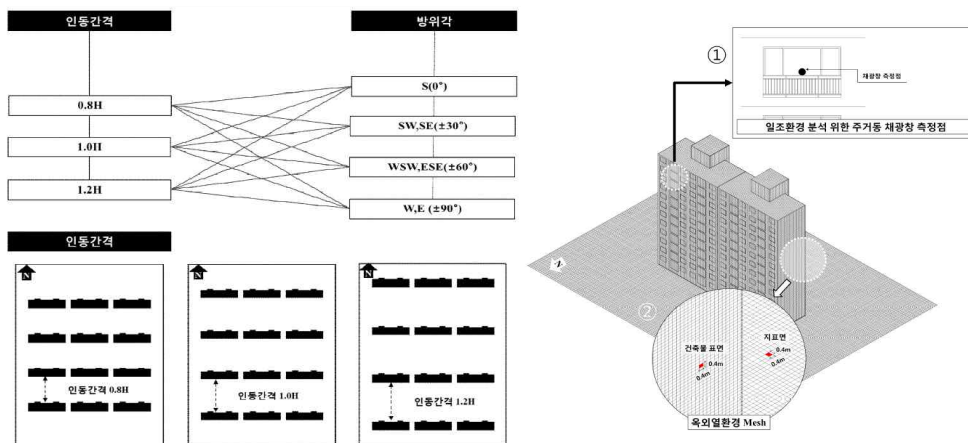
도시캐노피모델 해석블록은 200×200m 격자로 하며, 국내 남부지방(부산 해운대구)의 경위도 값인 북위 35.8도, 동경 129.6도로 설정하였다. 대상일은 여름철 전형일 특성인 2004년 8월 4일로 하였으며, 시간은 8월 3일 5시부터 8월 4일 24시까지 계산을 실시하였다.

분석은 도시를 구성하는 건물밀도계획 요소를 조합한 600개의 도시블록형상을 입력조건으로 3차원 도시기후 시뮬레이션(UCSS)을 실시하

였으며, 그 결과로 도출된 기후 및 기후영향인자를 바탕으로 도시기후존을 유형화하고 각 도시기후존 별 건물밀도 계획정보 특성을 도출하였다.

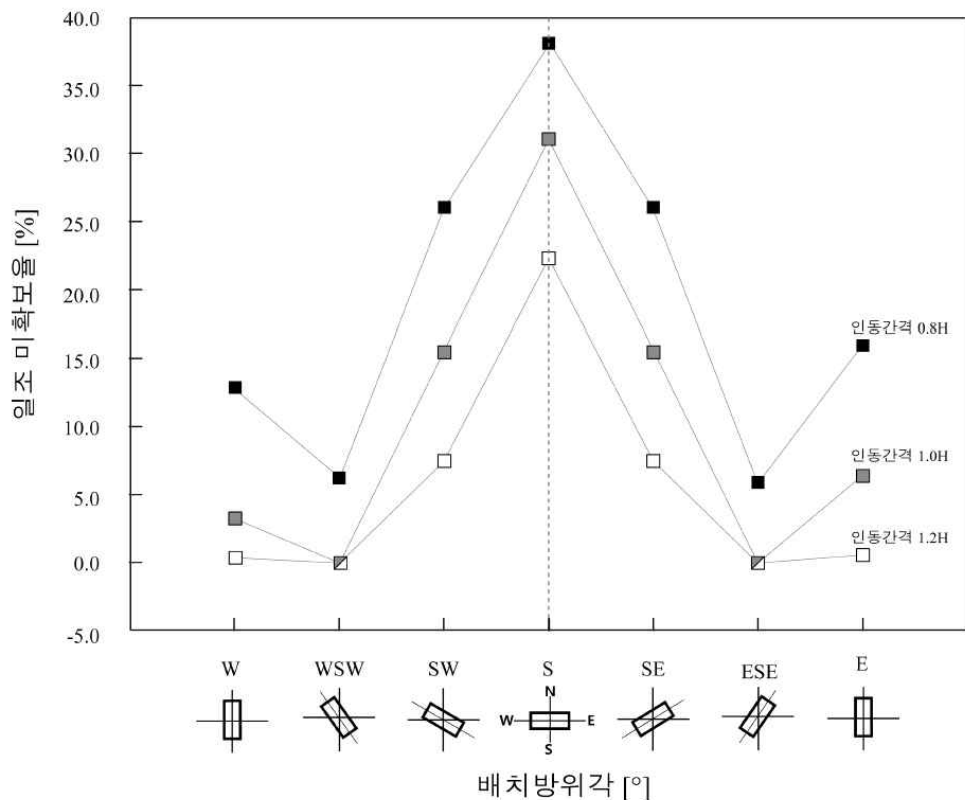
분석 결과로, 도시기후존의 기후현상은 주간평균 기온이 최고인 기후존 2, 최저인 기후존 4 사이에서 약 2℃에 가까운 기온차가 나타났으며, 기후존 2>기후존 1>기후존 3>기후존 4의 군집평균이 각각 31.9℃, 31.4℃, 30.9℃, 30.1℃로 기후존 내에서 다양한 변동을 보였다. 기후존 1은 주야간평균 기온이 모두 높으나 중저층형 높이 특성상 군집평균 풍속이 다른 기후존에 비해 약 0.2m/s 높게 나타났다.

도시기후존 별로 건물군 밀도계획이 도시기후형성에 미치는 영향도를 회귀계수로 예측하고 일/주간/야간 평균기온 및 풍속으로 예측한 결과는 다음과 같다. 주간기온에 있어 모든 기후존을 통틀어 건물높이와 건물폭이 민감한 변수가 되며 세장형 건물군에서는 천공률 변수 또한 민감도가 큰 영향변수가 되는 것으로 나타났다. 주간풍속의 경우 건폐율과 천공률 인자가 풍속변동에 가장 큰 영향력을 지니는 변수로 나타나, 연구자들은 민감도가 큰 변수 위주로 도시기후계획 관리대책을 수립하는 것이 유리하다고 제안하고 있다.



정숙진·윤성환(2015)은 공동주택의 인동간격과 배치방위각이 일조와 옥외 열환경에 미치는 영향을 분석하였다. 연구자들은 가상의 대상지(230m×170m)에 공동주택 케이스 스터디 모델을 용적률 250% 이하, 전용면적 85㎡ 이하 판상형 공동주택단지로 설정하여 일조 및 옥외 열환경 시뮬레이션을 실시하였는데, 공동주택단지의 3가지 인동간격 변수와 4가지 방위각 변수를 교차하여 모델링하였다.

시뮬레이션은 각각 다른 소프트웨어를 사용하였다. 일조환경 시뮬레이션에서는 3차원 일조분석 프로그램인 Sanalyst Ver 3.0, 옥외 열환경 시뮬레이션은 ThermoRender Ver 5.0을 사용하였다.



일조환경에 대한 시뮬레이션 결과로, 인동간격이 증가할수록 일조 미 확보율(총/연속일조 수인한도를 모두 불만족하는 측정점 비율)은 감소한다(그림 2-15). 인동간격이 0.8H → 1.0H로 증가할 경우 일조 미 확보율은 약 8.5% 감소율을 보이며, 인동간격 0.8H→1.2H 증가시 일조 미 확보율은 약 13.3% 감소하였다. 이는 인동간격이 주거동의 일조환경에 영향을 미치는 주요한 인자로 작용한다는 의미다.

그리고 인동간격이 동일한 경우, 동지일을 기준으로 배치 방위각이 정남향(S)보다는 동남동(ESE), 서남서(WSW)에서 일조환경이 좋게 나타났다. 인동간격 0.8H, 1.2H의 경우 배치 방위각에 따른 변화폭은 각각 32.1%, 22.3%로 인동간격이 좁을 경우 배치 방위각에 따른 일조환경 변화가 더 큰 것을 볼 수 있다.

5. 소결

1) 요약 및 시사점

그간, 지속가능한 도시를 위해 다양한 도시계획·설계 관련 이론들과 도시가 가지고 있는 물리적인 특성들을 대상으로, 도시에서 소비하는 에너지와의 연관성과, 이를 저감할 수 있는 요인들을 밝혀내기 위한 실증적 연구들이 진행되어 왔다.

본 연구에서는 그간 기존 연구들에서 보편적으로 이루어져온 도시에서의 교통에너지와의 관계가 아닌, 도시 구성의 주요 부문인 건물의 에너지 소비를 대상으로 함으로써, 연구의 관점을 차별화하고 있다. 관련하여, 선행연구에서의 이론 검토도 건물에너지로 대상으로 한 분석결과들을 중심으로 살펴보았다. 이러한 선행연구들의 검토를 통해 도출한 시사점은 다음과 같다.

건물에너지에 영향을 미치는 주요 변인들은 도시 또는 주거의 인구수 및 밀도, 도시형태 및 공간구조 패턴(집중/분산), 토지이용(혼합용도), 대지면적 및 연면적(용적률/건폐율), 배치, 향, 차단각도, 표면적과 바닥면적의 비율, 건물간격, 건물 높이, 주거유형(단독/공동), 주거유형에 따른 건물 표면적, 건물 깊이, 유리면의 넓이, 건축자재 및 공조시스템 등 건물 성능, 거주자의 행태 등으로 요약·정리할 수 있다.

도시 형태와 연관 지어 직접적으로 태양에너지의 획득에 영향을 미치는 요인들은 다음과 같이 요약·정리해볼 수 있다. 밀도 측면에서는 저밀도일수록 태양에너지의 획득량이 많아지고, 고밀도일수록 일조량이 감소하는 관계가 일반적인 이론이다. 이는 고밀도의 경우 인접 건물들의 고밀화에 의해 차폐각도가 증가하게 되고, 태양과 하늘의 조망이 방해받아 태양에너지의 제공기회가 제한되기 때문이다. 실제, 도시에서 밀도의 개념은 다양한 물리적 특성을 내포한다. 그러므로 보다 더 구체적인

<표 2-4> 도시 형태와 에너지 소비와의 관계 요약

연구자	관계 요약
Martin and March (1972)	주거유형에 따라 표면적(envelope area)이 넓어질수록 열 손실이 증가함 · 아파트가 열손실이 가장 적고 단독주택이 제일 많음
Steadman (1979)	고밀 주거는 태양에너지 공급 제한으로 조명과 냉방 수요 유발, 저밀 주거는 태양에너지 획득으로 에너지 효율적인 건물 기회 제공 선형 패턴의 고밀 개발이 중앙집중식 개발보다 자연채광, 환기, 패시브한 태양에너지 획득에 유리
Givoni (1989)	건물이 입지한 지역 또는 도시 구조에 의해 미기후(외부 온도, 풍속, 태양 복사량)가 형성되고 이는 에너지 소비와 관계가 있음
Owens (1992)	건물 배치, 향 등이 태양에너지의 이용에 영향을 주며, 시원한 지역이 형성될 경우 에너지 절약 가능 에너지 측면에서 단독주택이 가장 비효율적이며, 다세대주택이 가장 효율적임
Naess (1997)	주택 군집 특성이 난방, 운영에너지에 영향을 미침 주거유형이 난방에너지와 운영관리를 위한 에너지에 영향을 미침
Yannas (1998)	도시 미기후 증진을 위한 도시형태 요소 · 건물형태: 건축 밀도, 태양과 하늘의 조망, 노출표면적 · 도시가로 골짜기: 폭과 높이의 비율, 향 · 도시의 자재 및 표면 마감: 흡수, 열 저장, 복사능 지속가능한 도시를 위한 건물디자인 요소 · 건물 열의 획득과 손실, albedo(빛 반사율)과 외부 표면의 열 수용력, 그리고 전이공간 이용
Hui (2001)	도시 밀도에 따라 미기후와 에너지에 미치는 영향이 달라짐 · 도시지역의 열섬효과로 냉방에너지 수요 증가 · 건물 간격: 자연채광 감소, 전기조명 부하 증가 · 건물들 주변으로 공기흐름 패턴 형성으로 환기(통풍) 가능 또는 장애 발생 다층, 다세대 건물들은 그 표면적을 줄임으로써 열손실 저감
Steemers (2003)	건물 높이와 건물 간격에 의해 태양의 차폐각도가 형성 · 고밀로 인해 차폐각도가 증가할 경우 조명과 난방에너지는 상승하고 냉방에너지는 감소: 총 에너지 증가 · 건물 향은 남→남서→서 향일수록 에너지소비 상승 건축 밀도와 에너지소비 간 관계 실증분석 · 건물 깊이 증가 시 건물의 외피와 바닥면의 비율이 증가하고, 실내로 들어오는 주광, 태양광이 감소하여 열과 조명에 대한 부하 증가 · 건물 깊이 증가로 표피와 체적의 비율이 줄어들면 열손실 감소 · 압축도가 높은 아파트가 단독주택에 비해 에너지 효율적
Holden and Norland (2005)	에너지 측면에서 단독주택이 가장 비효율적이며, 다세대주택이 가장 효율적임
Mitchell (2005)	건물에너지 수요에 영향을 미치는 요인들 · 도시형상(차폐각도): 높이, 건물과 건물 간 공간 · 행위유형(주거/상업/공업) 및 점유 형태 태양은 건물의 난방 부하를 줄이는 열과 채광 제공, 그러나 냉방 부하를 야기하고, 바람은 여름철 도시블록의 기계적 환기 수요 감소 효과 건물에너지 수요에 영향을 미치는 건물특성 도출 · 건물 형태와 관련된 디자인 요소들: 유리면의 확장, 향 · 건축자재들의 열성능 · 내부시스템의 효율성: 난방 및 조명 시스템, 사무실에서의 냉방 건물에너지의 소비와 관련하여 건물의 깊이가 중요

연구자	관계 요약
	<ul style="list-style-type: none"> · 스카이라인의 평균 높이에 의해 그들이 형성되고, 이로 인해 겨울에는 남측 파사드의 난방부하 증가 · 여름철엔 난방에너지가 미미하게 감소 · 조망에너지는 모든 향에서 에너지수요 상승 <p>건물에너지의 성능은 건물 디자인, 시스템 효율성, 거주자 행태와 연관됨</p>
Jabareen (2006)	도시지역은 전원지역에 비해 건물로 인해 지표면에 노출된 표면지역들이 많아지고, 더 많은 태양복사량 확보 가능
Salat (2009)	파리의 주거건물을 대상으로 용적-표면 비율과 난방에너지 소비 간의 관계 연구 · 건물특성: 건물 연도, court yard 패턴, 건물 속성(역사적/근대적)
Rode, Keim, Robazza, Viejo and Schofield (2013)	주거건물의 난방에너지는 노출 표면적과 정(+)의 상관관계가 나타났으며, 밀도, 대지포장율, 건물높이와는 부(-)의 관계를 발견
Steadman, Hamilton and Evans (2014)	<p>노출 표면적과 건물 연면적은 가스 수요를 증가시키고, 전기 수요는 노출표면적과 정(+)의 관계, 건물 연면적과 건물높이는 부(-)의 관계</p> <p>건물 특성중 건물 평면깊이와의 관계에서 가스의 경우 부(-)의 관계가 있고, 전기의 경우 정(+)의 관계 발견</p>
여인에·이정재·윤성환 (2009)	<p>건폐율·용적률과 도시기후의 특성을 정량 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> · 건폐율이 낮은 경우(10%)가 높은 경우(30%)보다 기온이 높음 · 건물 고층화는 도시표면 조도(roughness) 증가로 풍속을 감소시킴 · 2층, 5층, 20층 건물에서 최고기온은 5층에서 나타났으나, 일정층수 이상의 고층에서는 일영면적(overshadowing area) 증가로 고온화현상 감소 <p>시뮬레이션 분석을 위해 선정된 도시 특성요소</p> <ul style="list-style-type: none"> · 태양고도, 태양방위각 · 건물군 규모: 부지 평균폭, 부지 평균너비, 건물 평균폭, 건물 평균너비, 벽면 방위각, 건물 평균높이, 건폐율 · 건물 정보: 주용도, 건물 구조, 공조 방식 · 토지 피복: 수목율, 식생·나지율, 수면율 · 지형: 평균 표고
여인에·윤성환 (2011)	<p>도시캐노피(canopy)가 미기상·기후 특성에 큰 영향을 미침</p> <ul style="list-style-type: none"> · 도시캐노피: 건폐율, 건물높이, 건물폭의 조합이 만들어 내는 건물과 가로의 형상 · 건물높이와 건물폭은 주간기온에 영향, 세장형 건물군에서는 천공률 변수가 영향이 큼 · 주간풍속의 경우 건폐율, 천공률이 가장 영향력이 큼
노승철·이희연 (2013)	전력소비는 가구의 사회·경제적 특성에 영향을 받음
이상현·오규식 (2013)	<p>서울시 행정동 단위로 공간형태와 에너지 사용량 간 관계 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> · 면적 및 연면적: 양의 관계 · 인구수: 음의 관계 · 용적률: 저밀지역은 음의 관계, 고밀지역은 양의 관계 · 인구밀도: 고밀지역의 경우 음의 관계 · 지니계수: 저밀지역의 경우 양의 관계 · 1인당 전력사용량: 동별 연면적, 사업체수, 종사자수, 토지이용현황이 양의 관계 / 구별 용적률, 지니계수, 사업체수, 종사자수, 토지이용현황이 양의 관계, 인구수, 인구밀도와 음의 관계
정재원·이창효·이승일 (2015)	<p>서울시 행정동별 가구의 에너지소비량 영향요인 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> · 고밀주거단지의 경우 열섬현상에 의해 난방에너지 소비량 증가 · 도심지역에서 녹지면적은 여름철 냉방과 통풍 역할을 해 에너지소비 저감효과를 보임 · 도시의 개발면적 증가는 열섬현상을 야기하여 여름철 냉방을 위한 전력사용량이 크게 나타나며, 비도심의 경우 열섬현상이 없고 고층 건물들의 공동에너지 사용을 통해 소비효율 증대

도시형태 요인과 태양에너지 획득의 관계 정립이 필요하다.

선행 연구자들은 이러한 측면에서 차폐각도를 분석에 활용하고 있다. 차폐각도는 건물의 높이, 깊이, 인접 건물과의 공간에 의해 종합적으로 형성되어, 태양에너지의 획득량에 직접적인 영향을 미친다. 차폐각도가 증가하게 되면 태양에너지의 획득량이 감소하게 되는데, 차폐각도의 증가는 건물들의 평균 높이가 증가하거나 건물 간 공간이 감소하는 경우이다.

건물 향에 의해서도 태양에너지 획득량이 변화하는데, 남→남서→서향으로 갈수록 태양에너지가 감소하는 것이 이론이며, 도시형태 측면에서 일조량을 많이 획득하기 위해서는 중앙집중식 개발보다 선형 개발의 형태가 유리하다는 논의가 이루어져 있다.

반면, 최근의 3차원 모델을 활용한 연구들에서는 서구의 경우 도시의 총 노출표면적을 주요한 도시특성으로 하여 분석에 적용하여 왔으며, 실제 도시에 대해 일조보다는 난방에너지 소비와의 관계에 집중하여 왔다. 국내에서 수행된 3차원 모델을 활용한 연구들의 경우 단지 규모로 가상의 모델을 통한 시뮬레이션으로 일조환경을 분석하는 것이 주를 이루고 있는데, 일부 연구에서 일조에 대한 최적의 배치 방위각이 정남향(S)보다는 동남동(ESE), 서남서(WSW)라는 연구결과도 나타나 기존 이론에 배치되고 있다. 이는 관련 연구에 대한 지속적인 필요성과 보완성을 요구하고 있는 것이다.

선행연구 및 이론들의 고찰을 통해 다음과 같이 종합하고 향후 연구진행을 위한 시사점을 도출하였다. 첫째, 도시공간의 특성, 구조, 형태는 그 공간 특성에 따라 각기 다른 미기후 환경을 조성하는 데 영향을 미친다는 것을 선행연구들의 고찰을 통해 확인하였다. 그러나 도시에서의 주거지형태와 일조 간의 상관관계와 그 영향을 구체적으로 밝힌 연구는 부재하다.

둘째, 밀도가 높아질수록 일조량은 감소하고 낮아질수록 일조량이

증가하는데, 이는 고밀도의 경우 인접 건물 간 차폐각도가 증가하게 되고, 태양과 하늘의 조망이 방해를 받아 태양에너지의 제공 기회가 제한되기 때문이다. 태양의 차폐각도는 건물의 높이, 건물 간격과 밀접한 관계를 가지고 있어 이들 요인들이 일조와 관련 있는 주요한 도시형태 변수로 고려해야 한다.

셋째, 일조 환경에 최적인 도시 형태를 도출할 수 있다면, 밀도나 건물 높이, 건물 간격에 대한 대안을 제시할 수 있다. 선행 연구에서 기온의 경우 건물의 높이가 중층에 둘러싸여 있는 경우 최고 기온을 나타내고, 고층지역에서는 일영면적 증가로 고온화 현상이 감소하는 등 최적의 도시 형태를 발굴하려는 노력들이 시도되었다.

2) 선행 연구와의 차별성

본 연구는 선행 연구들과 다음과 같은 차별성을 가진다. 첫째, 분석 변수 측면에서 서구의 연구들은 도시 특성과 전기/난방 에너지 등 건물에서의 최종에너지 소비와의 상관관계와 영향력 중심으로 연구가 진행되었다. Ratti, Baker and Steemers(2005)가 주장한 도시의 물리적 형태가 일조 등 미기후에 영향을 미치고, 그 영향이 가스와 전기 에너지 등 최종적인 건물에너지 소비에 도달한다는 이론을 적용할 때, 서구의 연구들은 기후→도시적 맥락(도시 형태)→건물→시스템→거주자→에너지성능의 인과관계를 고려하지 않고 분석을 진행하여 최종에너지 소비에 영향을 미치는 다양한 외적 요인들을 간과한 측면이 있다. 국내 연구들 중에서는 일조를 대상으로 도시 형태적 변화에 따른 영향을 분석한 연구가 진행된 바 있다. 그러나 도시형태 중 건물 간격과 향의 변화에 대해서만 분석이 이루어져 도시 형태를 종합적으로 반영하지 못한 한계를 가지고 있다.

둘째, 분석 대상 측면에서 국내 연구들의 경우 분석에 필요한 가상

의 도시모형을 제작하고, 그 규모도 단지 규모로 설정하는 등 분석 대상을 한정하고 있기 때문에 현실에서의 실제 도시 형태를 대상으로 한 분석이 이루어지지 않아 현실성을 결여시키고 있다. 반면, 서구의 연구들은 런던, 파리 등 실존하는 현실 도시의 형태를 디지털 모델화하여 도시 공간 분석에 현실성을 담보하고 있다.

본 연구에서는 도시의 물리적 형태에 의해 직접적으로 영향을 받는 미기후 중 일조를 종속 변인으로 하여 분석을 진행하여, 외부 요인들의 영향을 최소화하고자 한다. 또한, 우리나라의 실제 도시공간을 디지털 모델로 제작하여 국내 연구들의 가상 모델 분석에 따른 연구의 실효성 한계를 극복하고자 한다. 서구의 연구사례들은 실제 도시들에 대한 디지털 모델 제작을 통해 현실성을 담보하고 있다.

이로 인하여 분석 결과들에 대한 비교분석이 효과적으로 이루어질 수 있고, 최적의 모델 선정과 향후 정책적 함의 측면에서도 실효성 있는 제안이 이루어질 수 있을 것이다.

<표 2-5> 선행 연구와의 차별성

구분	선행 연구	본 연구
분석 변수	·해외 연구 -도시 특성과 전기/난방 에너지 등 건물에서의 최종에너지 소비와 상관관계 및 영향력 분석 -외부 요인들의 영향 통제 어려움	도시 형태가 직접적으로 영향을 미치는 일조를 종속 변인으로 하여 외부 요인들의 영향 최소화
	·국내 연구 -인동간격과 향의 변화에 대해서만 비교 분석 -도시형태의 종합적 반영 미흡	
분석 대상	·국내 연구 -가상의 단지 규모 분석 대상 설정 -현실성 결여	우리나라의 실제 도시공간을 디지털 모델화하여 분석 대상에 현실성 담보

Ⅲ. 주거지형태 및 분석대상지 선정

1. 우리나라 주거지의 형태적 특성

한국의 주거지는 다양한 형태를 가지고 있다. 도시주거 형성의 역사적 측면에서 볼 때, 한국의 주거지는 일제 강점기와 한국전쟁을 거치면서, 자연발생적 형태의 저밀주거와 주택의 대량건설을 위해 도입된 서구의 집합주택 형태의 대규모 주거단지가 혼재되어 있는 특성을 가진다. 또한, 꾸준히 고밀주거의 형태로 변화해 오고 있다.

한국주거의 공간사와 관련하여 전남일·홍형욱·손세관·양세화·박진희·은난순(2005)은 그 흐름을 다음과 같이 기술하고 있다. “개항 후 서양의 주거양식과 주거가 유입되면서 한옥이 도시형 주거로 변모하게 되고, 일제 강점기를 통해 조선시가지의 계획적 정비와 주거지 개발들이 시행되었으며 도시는 팽창이 계속되었다. 해방과 한국전쟁을 거치면서 피난민 거주지와 도시로 몰려드는 사람들로 인한 주택부족으로 판자집 등 무허가 불량촌이 양산되는데, 이에 대한 공공의 시도로 서양식 집합주택인 아파트가 도입된다. 아파트는 공공에 의한 단지형 개발이 시작되어 민간에 의한 대량 건설로 급격히 확산되었다. 아파트에 대한 견제와 다양한 유형의 시도로 단독주택을 포함하여 저층 빌라와 맨션도 도시주거로서 함께 형성되었다.”

이와 더불어, 70년대 상가아파트부터 시작된 주상복합아파트는 90년대 말부터 역세권과 상업지역을 중심으로 급격한 건설 및 공급이 이루어지며 주거지의 고층화·고밀화로의 변화를 주도하였다.

양운재(2011)는 도시의 주거지 형태를 유기적인 구조와 격자형 구조로 구분한다. 그는 우리나라의 한옥밀집지역은 유기적 형태에 속하며, 우리나라의 전통적 도시주거지는 주로 계곡을 따라 형성된 예가 많아 계곡을 끼고 주 도로를 따라 길게 발달되면서 옆으로 잎맥처럼 가지가 뻗어

나가듯이 서로가 지형에 따라 자연스럽게 연결되면서 집들이 매달려있는 형태를 띠고 있다고 묘사하였다. 또한, 저소득층 도시빈민들의 주거지도 대표적인 유기적 형태라고 하였다.

이에 반해, 격자형 도시구조는 인위적으로 계획에 의해 만들어진 가장 보편적인 형태이며, 근대의 도시계획과 모더니즘 도시에서 슈퍼블록과 함께 나타났다고 설명하였다. 그리하여 우리나라의 도시주거지는 이러한 슈퍼블록에 근린주구개념을 도입함으로써 강남 등의 개발을 선도해왔다고 하였다.

주거지의 형태는 주택의 유형과도 깊은 관련이 있다. 다양한 유형들의 주택들이 모여 주거지를 구성하고, 그 형태가 결정되기 때문이다. 그리하여 국내 관련법에서 규정하고 있는 주택의 유형들을 살펴볼 필요가 있다. 현재 건축법 시행령에서는 용도별 건축물의 종류 중 주택을 크게 단독주택과 공동주택, 그리고 준주택으로 구분하고 있다. 세부적으로는 단독주택의 경우 단독주택, 다중주택, 다가구주택, 공관으로 유형화되며, 공동주택의 경우 아파트, 연립주택, 다세대주택, 기숙사로 구분하고 있다. 건축법에서만 아니라, 주택법 시행령에서도 건축법을 근거로 주택을 구분하고 있으며, 그 체계는 크게 다르지 않다(표 3-1).

서울은 600년 이상의 고도로서, 가장 크고 가장 다양한 도시 구조와 역사를 가지고 있다. 이러한 서울의 도시형태 특성은 한국의 도시 형태적 특성을 대변한다. 특히 관련 연구들이 서울을 대상으로 하여 진행되었기 때문에, 서울의 도시주거 형태를 유형화한 문헌들을 참고할 필요가 있다.

Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003)에서는 서울의 주거지 유형을 물리적 형태와 생성에 의한 구별에 따라 다음과 같이 구분하고 있다. 우선, 대표지역의 선정은 3가지 기준을 통해 수행되었는데, 대표성(typicality), 밀도(density), 그리고 주거 유형(housing type)이다. 주거 유형을 연구대상지 선정에서 중요한

<표 3-1> 건축법/주택법 상 주택의 유형 구분

유형		건축법	주택법
단독주택	단독주택	-	
	다중주택	다음의 요건을 모두 갖춘 주택 1) 학생 또는 직장인 등 여러 사람이 장기간 거주할 수 있는 구조 2) 독립된 주거의 형태를 갖추지 아니한 것(각 실별로 욕실은 설치할 수 있으나, 취사시설은 설치하지 아니함) 3) 연면적이 330제곱미터 이하이고 층수가 3층 이하	1세대가 하나의 건축물 안에서 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 주택
	다가구주택	다음의 요건을 모두 갖춘 주택으로서 공동주택에 해당하지 아니함 1) 주택으로 쓰는 층수(지하층 제외)가 3개 층 이하일 것. 다만, 1층의 전부 또는 일부를 필로티 구조로 하여 주차장으로 사용하고 나머지 부분을 주택 외의 용도로 쓰는 경우에는 해당 층을 주택의 층수에서 제외 2) 1개 동의 주택으로 쓰이는 바닥면적(부설주차장 면적 제외)의 합계가 660제곱미터 이하일 것 3) 19세대 이하가 거주할 수 있을 것	
	공관	-	
공동주택	아파트	주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 주택	건축물의 벽·복도·계단이나 그 밖의 설비 등의 전부 또는 일부를 공동으로 사용하는 각 세대가 하나의 건축물 안에서 각각 독립된 주거생활을 할 수 있는 구조로 된 주택
	연립주택	주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660제곱미터를 초과하고, 층수가 4개 층 이하인 주택	
	다세대주택	주택으로 쓰는 1개 동의 바닥면적 합계가 660제곱미터 이하이고, 층수가 4개 층 이하인 주택	
	기숙사	학교 또는 공장 등의 학생 또는 종업원 등을 위하여 쓰는 것으로서 1개 동의 공동취사시설 이용 세대 수가 전체의 50퍼센트 이상인 것	주택 외의 건축물과 그 부속토지로서 주거시설로 이용가능한 시설
준주택	다중생활시설	-	
	노인복지주택	-	

요소로 보았는데, 이는 서울의 주거 밀도가 주거 유형과 상호관련성을 가지는 것으로 판단했기 때문이다. 연구에서는 주거 유형을 ① 단독 주택(single detached), ② 다세대 주택(multi-family house), ③ 저층 아파트(walk-up apartment), ④ 고층 아파트(high-rise apartment) 등 4가지로 구분하고 있다.

연구에서는 주거 유형에 대해 다음과 같이 설명하고 있다. 단독주택은 유기적 전통지역(organic vernacular)과 격자형 분할지역(grid subdivision)에서 가장 보편적인 주거 형태이다. 다세대주택과 아파트가 보편화된 1980년대까지, 단독주택은 유일한 주거 유형이었다. 다세대주택은 일반적으로 유기적 전통지역(organic vernacular)과 격자형 분할지역(grid subdivision)에서 단독주택으로부터 대체된 유형이다. 때때로, 기존 필지들이 합쳐져 만들어지기도 한다. 저층 아파트는 대규모 아파트단지에서 5층 높이의 아파트를 일컫는다. 이 유형은 1970년대와 1980년대에 대규모 주택사업에 폭넓게 적용되었으나, 이후 고밀도 개발 수요증가로 대중성을 잃게 된다. 고층 아파트는 10~20층 아파트로 가장 큰 비중의 공급이 이루어지고 있으며, 공공주택과 민간주택의 공급이 고층 아파트를 중심으로 이루어지고 있다.

최종적으로는 서울의 주거지 유형을 ① 역사적 지역(historic), ② 유기적 전통지역, ③ 격자형 분할지역, ④ 아파트 단지(apartment complex), ⑤ 공공 주거 재개발지역(public residential renewal), ⑥ 혼합 주거 지역(Mixed) 등 6개 유형으로 구분하고(표 3-2), 유형별 대표지역과 주요한 도시형태 특성들을 지도화 하였다(표 3-3).

이후 서울시정개발연구원(2009)에서는 서울의 도시형태적 특성을 종합적으로 규명하고, 그 특성을 도출한 연구인 「서울의 도시형태 연구」를 수행하였다. 이 연구에서는 서울의 도시형태 유형으로 ① 도심지역, ② 자연발생형 주거지역, ③ 구릉지역, ④ 역세권지역, ⑤ 격자형 주거지역, ⑥ 아파트 밀집지역, ⑦ 고밀지역 등으로 구분하고 있으며, 유형별

<표 3-2> 서울의 주거지 유형

유형	설명	대표지역
역사적 지역 (historic)	<ul style="list-style-type: none"> ·도심의 오래된 지역으로 14세기 후반부터 도시 조직이 생성 ·좁고 구부러진 골목(1-2미터 폭)이 비정형적이고 소규모 필지(100m² 미만)를 형성 ·골목과 필지 패턴은 14세기 후반의 도시건설 시기부터 형성 ·관저 등 대규모 필지들은 정방형으로 분할 ·1930-1940년대 지어진 전통가옥들은 대부분 다세대 주택으로 대체 ·이 유형은 도심에만 나타나며, 도시조직과 주거유형은 선도적 	-
유기적 전통 지역 (organic vernacular)	<ul style="list-style-type: none"> ·곡선 골목과 비정형 필지분할 패턴 ·1-2층의 단독주택 또는 3-4층 다세대 주택 ·필지규모는 150m², 골목 폭은 4-6미터 ·20세기 초 도심주변(도심 5km 내)으로 형성 ·일부는 과도하게 소규모 필지, 협소한 골목 	금호동
격자형 분할 지역 (grid subdivision)	<ul style="list-style-type: none"> ·1960-1980년대 도시화시기 토지구획정리방식에 의한 주거지 형성 ·공공의 구획분할에 의해 외곽의 대규모 토지들이 대규모 주거지 구획 형성(도심 10km 밖) ·유기적 전통 가옥과 마찬가지로 단독주택에서 3-4층의 다세대주택으로 변화 	면목동 / 방배동
아파트 단지 (apartment complex)	<ul style="list-style-type: none"> ·아파트 건물들로 계획된 대규모 주거지역 ·중앙정부나 지자체의 토지 공급에 의해 조성, 민간 또는 공공의 주택 개발 유도 ·1970년대부터 국가적 주택정책의 일환으로 아파트지구 지정, 이 아파트지구는 국가법률에서 정한 근린 상업, 공원, 학교와 공공시설을 수용 	반포동 / 상계동
공공 주거 재개발 지역 (public residential renewal)	<ul style="list-style-type: none"> ·불량주거지 재개발 정책에 의해 서울의 불법거주지들은 아파트로 재개발 ·200개 이상의 재개발지역이 완료(2,000 에이커) ·평균적으로 1,000세대에 12에이커 규모 ·불법거주지들은 도심 주변 구릉지에 집중, 1960-1970년대 이주 	옥수동
혼합 주거 지역 (Mixed)	<ul style="list-style-type: none"> ·기존의 저층 주거와 고층 아파트가 혼재된 주거유형 ·소규모 고층아파트 건물들이 '유기적 전통가옥'의 주거지와 '격자형 분할' 주거지에 형성됨으로써 일명 '나홀로 아파트'가 발생하며, 민간 주택 재개발은 토지소유주 조합이 기존 아파트의 재개발을 위해 합동재개발 방식으로 추진 ·대부분 소규모에 개별 아파트부지로 300세대 미만, 2에이커 	-

<표 3-3> 서울의 주거지 유형별 대표지역 및 도시 형태

유형	대표 지역	도시 형태		
		street network	building height	building use
유기적 전통 지역 (organic vernacular)	금호동			
격자형 분할 지역 (grid subdivision)	면목동			
	방배동			
아파트 단지 (apartment complex)	반포동			
	상계동			
공공 주거 재개발지역 (public residential renewal)	옥수동			



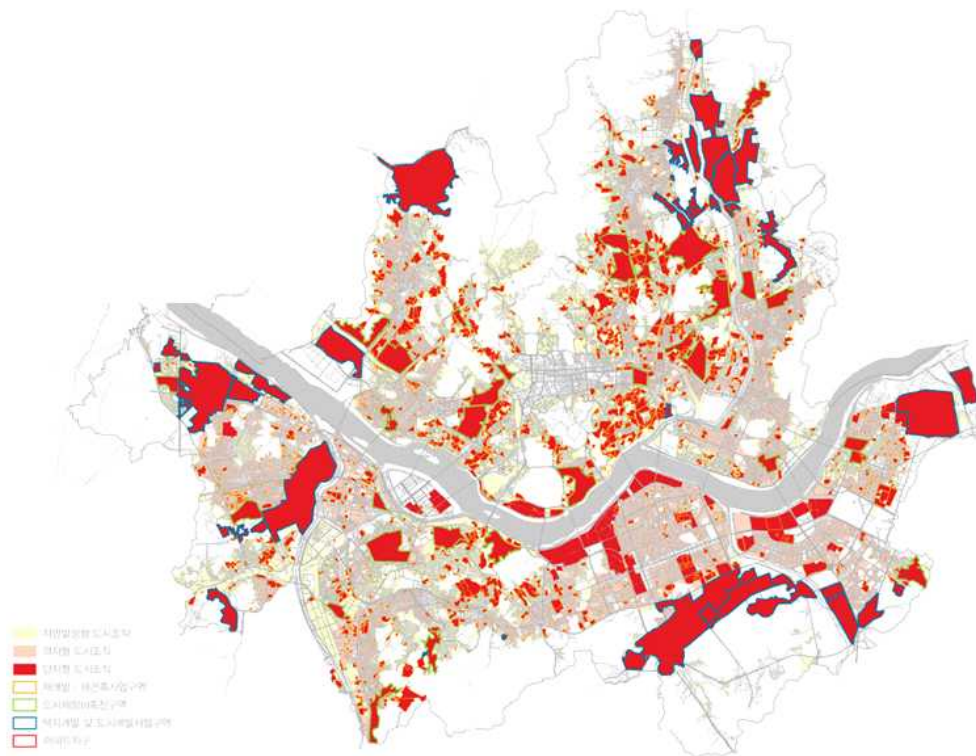
대표지역들도 선정하여 지도화 하였다(표 3-4).

또한, 연구에서는 서울의 도시조직을 자연발생형, 격자형, 단지형으로 공간을 구분하여 지도화 하였는데(그림 3-1), 자연발생형 도시조직은 주로 구릉지에 위치하며, 격자형은 시가지 내부와 평지, 그리고 단지형 도시조직은 재개발·재건축사업 구역, 택지개발 및 도시개발사업 구역, 아파트지구 등과 중첩되어 분포하고 있다.

<표 3-4> 서울의 도시형태 유형 및 대표 지역

유형	세부	대표 지역
도심 지역 (사대문안)	·자연발생형 ·계획형	·북창동: 소규모 필지에 조성된 상업·업무지구 ·수송동: 대규모 필지에 조성된 상업·업무·주거지구 ·명동: 토지구획정리사업으로 조성된 상업·업무지구 ·권농동: 소규모 필지에 조성된 한옥밀집주거지구 ·내수동: 도시환경정비사업으로 조성된 상업·업무·주거지구 ·남산동: 소규모 필지에 조성된 저층 주거지구
자연발생형 주거지역	·자연발생형	·방화: 비정형 가로체계와 재개발이 완료된 아파트단지와 저층 단독주택지가 공존하는 주거지
구릉지역 (표고 40m 이상)	·필지형 ·단지형	·수유: 표고 40m 이상 구릉지 주거지역으로 단독·다세대·다가구 밀집지역, 비교적 양호한 격자형 도시형태 ·삼양: 표고 40m 이상 구릉지 주거지역으로 대규모 재개발로 20층 내외의 고층아파트와 단독주택 또는 다세대·다가구 밀집지역
역세권 지역	·단일형 ·조합형	·내방(격자기반 혼합형): 격자형 도시조직을 기반으로 아파트지구와 재개발로 인한 아파트단지 형성 ·중화(격자기반 혼합형): 기존 격자형 도시조직에 격자형을 깨뜨린 대규모 아파트단지 형성 ·압구정(대단지기반 혼합형): 근린주구이론에 근거한 아파

		<p>트단지와 간선가로에 의한 슈퍼블록, 주변부는 격자형 도시조직 형성</p> <ul style="list-style-type: none"> ·신천(대단지기반 혼합형): 대가구(슈퍼블록)로 구성된 아파트지구와 주변의 격자형 주택지 형성 ·금호(자연발생기반 혼합형): 구릉지의 자연발생적으로 형성된 주거지로 곡선·부정형의 도시조직에 재개발로 조성된 아파트단지 입지 ·장승배기(자연발생기반 혼합형): 자연발생적으로 형성된 부정형의 도시조직에 일부 양호한 격자형 도시조직 포함
<p>격자형 주거지역 (토지구획정리사업/일단의 주택지 조성사업/택지개발조성사업 중 단독주택지)</p>	<p>·균질형 ·혼합형</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·신림(혼합-밀도증가 유형): 토지구획정리사업으로 다세대·다가구 비율이 매우 높으며, 직선형·부정형 도로형태에 계획적이지만 자연발생적 도로형태 혼합 ·창동(혼합-밀도증가 유형) ·영동2-a(혼합-토지이용혼합 유형): 직선형과 부정형 도로 혼합으로, 내부에 자연발생적 특성을 보여줌. 토지이용 혼합정도가 높으며 양호한 단독주택지 존재 ·청량리지구(혼합-토지이용혼합 유형) ·경인(혼합-필지형태조합 유형): 가구내 나홀로아파트 단지 집중, 필지형·단지형 형태 혼합, 격자형 패턴 ·성산(혼합-필지형태조합 유형) ·영동2-b(균질-지속가능 유형): 토지구획정리사업으로 내부에 양호한 단독주택 유지, 직선형·부정형 패턴으로 계획적이나 자연발생적 주거지 흔적도 공존 ·한남(균질-지속가능 유형)
<p>아파트 밀집지역 (택지개발지구/아파트지구/인접아파트단지)</p>	<p>·단독형 ·단지형 ·확산형</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·잠실2(단독형): 토지구획정리사업을 통한 아파트지구로 단지가 독립적이고 개별적인 아파트 밀집지역의 도시형태 ·상계(확산형): 택지개발사업으로 대규모 아파트 조성, 노선 상업개발로 아파트단지와 주변지역이 유기적 관계 ·서초(단지형): 토지구획정리사업을 통한 대규모 아파트지구로 순차적으로 변화하는 지역
<p>고밀지역</p>	<p>·동별 인구 밀도 기준</p>	<ul style="list-style-type: none"> ·구로4동 ·봉천3동 ·암사1동



출처: 서울시정개발연구원(2009), p.172-173

<그림 3-1> 서울의 도시조직: 자연발생형/격자형/단지형

2. 주거지 유형 및 건축요소 선정

1) 주거지형태 유형화

주거지형태의 유형화는 분석지역인 우리나라와 서울시를 대상으로 도시 및 주거지 형태를 유형화한 양윤재(2011), Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003), 서울시정개발연구원(2009)의 연구들의 유형 체계를 기초로 한다. 이를 보완하여, 건축법에서 규정하고 있는 주택 유형, 우리나라 부동산 측면에서 현 주거 유형 등을 고려하여 주거지형태를 유형화한다.

그리하여 본 연구에서는 우리나라의 주거지 유형을 저층주거형, 아파트형, 혼합형 등 3가지로 구분한다. 저층주거형은 단독·다가구·다세대 등 저층 비율이 높은 지역으로, 저층의 기준은 건물 높이가 15m(5층) 미만으로 하여 공동주택인 아파트의 최저 층수인 5층 이상과 구분하도록 한다. 아파트형은 공동주택 중심의 주거지로 현재 아파트지구로 지정되어 있는 지역이거나 아파트가 밀집된 지역으로 선정한다. 혼합형은 저층주거와 공동주택(아파트)이 혼재되어 있는 지역으로, 저층주거형과 아파트형의 중간으로 분류하여 구분한다. 세부 기준은 아파트형을 제외한 유형 중 저층주거비율이 금호동(93.1%, 건물 수 기준)과 그 이하에 해당하는 주거지역으로 분류한다.

2) 주거지 건축요소

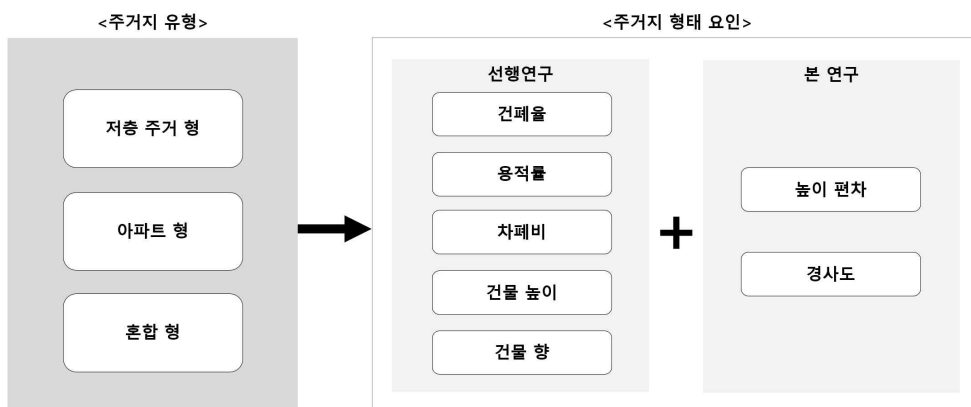
앞서 분류한 주거지 유형들은 현재 우리나라의 주거지들의 형태를 대표적으로 구분한다. 유형 분류된 주거지는 다양한 건축적 요소들을 수반하고 있는데, 주거지형태 분석을 위해서는 이 다양한 건축요소들을 본 연구의 취지에 맞게 도출하는 과정이 요구된다.

본 연구에서는 선행연구 고찰을 통해 에너지, 미기후와 도시 형태와의 관계 및 영향을 밝히기 위한 목적으로 활용된 도시형태 요인들을 살펴본 바 있다. 이들 요인들을 고려하여 주거지형태를 분석하기 위한 건축요소들을 선정하도록 한다.

선행연구들의 고찰을 통해 본 연구에 적용가능한 주거지의 건축요소들은 건폐율, 용적률, 차폐비, 건물 높이, 건물 향 등 5가지 요소들을 선정하였다. 이와 더불어 본 연구에서는 일조시간과 상관관계를 가질 것으로 예상되는 높이 편차, 경사도 요소들을 추가로 선정하였다. 높이 편차는 표고가 반영된 건물 높이에 대한 표준 편차이며, 경사도는 대상지의 DEM에 대한 경사 각도를 의미한다.

(1) 건폐율

건폐율은 「건축법」에서 대지면적에 대한 건축면적의 비율로 정의하고 있는, 밀도를 나타내는 대표적인 지표중 하나다. 건물 배치 간격 측면에서 볼 때, 건폐율이 높을수록 건물들은 공간에서 좁은 간격으로 배



치되어 있으며, 건폐율이 낮을수록 건물들이 여유 공지를 확보하여 넓게 자리하고 있다는 의미를 지닌다.

(2) 용적률

용적률은 건축물 총면적(연면적)의 대지면적에 대한 백분율을 말하는데, 도시계획제도에서 밀도를 판단하는 대표적인 지표이다. 복잡다양한 도시공간에서 용적률은 밀도를 판단할 수 있게 해주며, 고밀인지 저밀인지에 따라 선행 연구 등에서 분석한 바와 같이 도시 공간구조의 해석과 일조에의 영향 등을 평가할 수 있다.

(3) 차폐비

차폐비는 건물 간격에 대한 표고가 반영된 건물 높이의 비율로, 건물 높이에 비례하고 건물 간격에 반비례하는 관계를 가지는 특성 변수다. 차폐비는 주택에서 인동 간격(pitch of building) 개념을 대체하며, 건물 간격 감소→차폐비 증가→태양에너지 획득량 감소하는 관계를 보인다. 건물 간 간격이 좁아질수록 차폐비가 증가하여 태양에너지의 획득량이 감소하는 것이다. 그리하여 건축법에서는 공동주택의 인동 간격과 관련된 규정을 마련하고 있을 정도로 차폐비는 주거지에서 중요한 건축요소다(그림 3-3).

(4) 건물 높이

건물의 높이는 태양에너지의 차폐각도와 직접적인 관계를 가지는데, 일반적으로 건물들의 평균 높이가 증가하게 되면 차폐각도가 증가해 태양에너지의 획득량이 감소하는 것으로 알려져 있다. 단순히 건물의 높이

소비 저감에 효율적인 도시공간을 조성할 수 있다.

Steemers(2003)의 연구에 의하면, 건물 향에 의해 태양에너지 획득량이 변화하며, 남→남서→서 향으로 갈수록 태양에너지가 감소한다고 한다. 반면 인동 간격이 동일한 경우 배치 방위각이 정남향(S)보다는 동남동(ESE), 서남서(WSW)에서 일조환경이 좋게 나타난다는 주장도 있다(정숙진·윤성환, 2015). 이러한 기존 이론들을 바탕으로, 그리하여 도시공간에서 건물배치에 의한 향의 형성에 따라 태양에너지 획득에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 분석과 해석이 필요하다.

(6) 높이 편차

3차원의 도시 공간 상에서는 이러한 건물 높이들의 편차로 인해 차폐각도의 변화가 일어나고 궁극적으로 일조시간 확보에 영향을 미치는 것으로 가정할 수 있다. 그리하여 높이 편차는 건물 높이와 함께 주거지 형태를 설명하는 주요한 요인으로 볼 수 있다.

본 연구는 DEM이 반영된 3차원 모델을 제작하여 주거지형태 관련 자료를 구축하고 통계량을 산출하는데, 높이 편차의 경우 DEM의 표고가 반영한 건물 높이 수치로 산정한다.

표준 편차(standard deviation)는 평균으로부터 각각의 변량이 얼마나 떨어져 있는가를 측정하는 지수로, 건물 높이의 편차 값이 클수록 건물 높이들이 넓게 분산되어 있음을 말해주며, 반대로 편차의 값이 작을수록 건물 높이가 평균을 중심으로 밀집되어 있음을 의미한다(이희연·노승철, 2012). 이러한 개념을 분석대상지 내 건물들의 높이에 적용함으로써 개별 건물들의 높이 편차를 도출할 수 있다.

(7) 경사도

지형은 도시형태의 입지적 요소로 중요하며, 주거지의 입지에 따라 일조량은 달라진다. 구릉지에 입지한 지역은 그 경사도에 따라 일조량의 차이가 발생할 수 있다.

뿐만 아니라 대상지 내 경사도에 따라 건물들의 실제 높이가 달라진다. 경사도가 높아 표고가 높은 지역에 위치한 건물의 경우, 단순히 건물의 높이와 달리 표고가 반영된 높이로 주변 건물들에 영향을 미친다. 이러한 경사도의 산정을 통해 건물들의 높이 편차 자료를 구축하기 위해 필요한 표고가 반영된 건물 높이를 산정하는 것이 가능하다.

<표 3-5> 주거지 건축요소들의 개념 및 정의

건축요소	개념	정의(조작적)
건폐율 (%)	건축물의 면적이 대지에서 차지하는 비율	대지면적에 대한 건축면적의 비율
용적률 (%)	건축물의 연면적이 대지에서 차지하는 비율로 밀도의 수준	대지면적에 대한 건축연면적의 비율
차폐비	건물의 높이와 건물 간격 간의 관계로 만들어지는 일조의 차단 정도	건물 간격에 대한 표고가 반영된 건물 높이의 비율
건물 높이 (m)	바닥에서부터 건물의 수직 높이	개별 건물의 높이 산술 평균
건물 향 (°)	건물이 앞(남측)을 내다보는 방향	건물의 북측을 제외한 수직면의 배치각에 대한 면적별 가중 산술 평균
높이 편차 (m)	건물들의 높이가 균일한지 또는 높낮이 차이가 심한지를 판단하는 정도	표고가 반영된 건물 높이의 표준 편차 (standard deviation)
경사도 (°)	대상지 내 평균 경사도	DEM을 통해 도출된 경사도의 산술 평균

3. 분석대상지 선정

1) 대상지 선정 기준

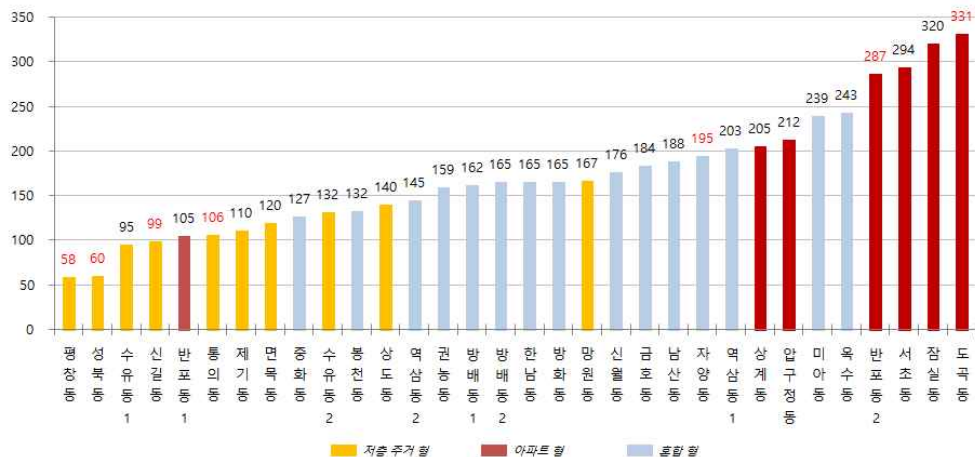
앞서 도출한 주거지의 건축요소별 특성 분석을 위한 사례 대상지의 선정시 주요하게 고려해야 할 점은 서울의 대표적인 주거지 형태가 객관적으로 반영되었는지와 주거지 형태적 특성이 고르게 분포되었는지 여부다.

도시형태 관련 선행 연구들인 Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003)과 서울시정개발연구원(2009)에서는 서울의 주거지와 도시 형태에 대한 대표 지역들을 선정하고, 이들에 대한 도시 형태를 분석한 바 있다. 그리하여 본 연구에서는 분석대상지 선정에 있어 우선적으로 이들 선행 연구들이 선정해 놓은 대표지역들을 대상으로 본 연구에서 분류하고 있는 주거지 유형의 체계로 전환한다.

Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003)에서는 서울의 주거지형태에 대한 대표지역으로 총 6개소를 선정하였으며, 서울시정개발연구원(2009)의 경우 29개소를 선정하였다. 이들 대표지역들이 본 연구의 대상지로 적합한 지 살펴본 결과, Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003)의 6개소는 모두 본 연구의 분석대상지로 반영하고, 서울시정개발연구원(2009)의 29개소에서는 10개소를 제외한 19개소에 대해 본 연구에서 반영하도록 한다. 제외한 사유로 북창동, 수송동, 명동, 내수동의 경우 용도상 비 주거지역으로서 주거지형태 분석대상지로 적합하지 않으며, 구로4동, 봉천3동, 암사1동의 경우 연구에서 도시 형태와 무관한 인구수를 기준으로 유형 선정이 이루어져 형태적 대표성을 수반하지 않는다고 판단하였다. 이 외 잠실동, 금호동, 상계동은 앞서 선정한 지역들과 지리적으로 중복되어 제외하였다.

이로써, 선행 연구에서 본 연구의 분석대상지로 선정된 대표지역들은 총 25개소로 도출되었다. 이와 더불어 본 연구에서는 회귀분석의 신뢰성을 높이기 위해 분석 표본의 수를 30개 이상으로 확보하고자, 서울의 전형적인 주거지역으로 판단되는 7개소를 추가로 선정하였다.

주거지 유형별 분포를 고려하여 저층주거형은 4개소로 성북동, 평창동, 통의동, 신길동을 선정한다. 성북동과 평창동은 전통적인 부촌으로서 양호한 단독주택들이 북악산과 북한산에 입지하고 있어 저층주거형 중 가장 저밀도의 주거 유형에 적합하다. 아파트형은 2개소로 반포동2와 도곡동을 선정한다. 반포동2는 대표적인 강남의 재건축단지로서 현재 우리나라에서 재건축사업으로 인해 양산되고 있는 아파트 주거의 전형을 보여주고 있다. 도곡동은 초고층 주상복합아파트 밀집지역으로 주택가격이 높아 상징적인 주거지라는 것이 선정 이유다. 도곡동은 아파트형 중 가장 고밀도의 주거 유형이다. 마지막으로 혼합형 1개소로 자양동을 추가하였다. 자양동은 중밀도의 주거 유형으로, 기존의 저층주거지역에서 아파트형이 사업단위별로 개발이 진행되어 오고 있는 한강변 주거지역이다. 최종 선정된 주거지 유형별 분석대상지는 다음과 같다(표 3-6).



분석대상지들의 선정이 객관적이고 형평성 있게 이루어졌는지 확인하기 위해 주거지형태의 대표 요인인 밀도(용적률)를 대상으로 그 분포가 고르게 이루어졌는지 살펴보았다. 최저 밀도인 평창동(58.3%)부터 최고 밀도인 도곡동(331.2%)까지 밀도가 고르게 분포하고 있어 대상지들의 대표성이 담보되는 것으로 판단된다(그림 3-4).

<표 3-6> 선행 연구와 본 연구에서의 분석대상지 선정

구분	선행 연구			본 연구	
	주거지 (도시) 형태	주택 유형	대상지 (25개소)	주거지 유형	대상지 (7개소)
Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form (2003)	역사적	한옥/단독/다세대			
	유기적 전통	단독/다세대			
	공공주거 재개발	단독/다세대/아파트	옥수동	혼합형	
	혼합주거	단독/다세대/아파트	금호동	혼합형	
	격자형	단독/다세대/아파트	면목동	저층주거형	
			방배동1	혼합형	
			반포동1	아파트형	
서울시정 개발연구원 (2009)	도심	한옥/단독/다세대	상계동	아파트형	
			권농동	혼합형	
			남산동	혼합형	
	역세권	단독/다세대/아파트	상도동	저층주거형	
			방배동2	혼합형	
			중화동	혼합형	
			압구정동	아파트형	
	구릉지	다세대/아파트	미아동	혼합형	
			수유동1	저층주거형	
	자연발생형	단독/다세대/아파트	방화동	혼합형	
	격자형	단독/다세대/아파트	봉천동	혼합형	
			역삼동1	혼합형	
			신월동	혼합형	
			역삼동2	혼합형	
			수유동2	저층주거형	
			제기동	저층주거형	
			망원동	저층주거형	
	아파트 밀집	아파트	한남동	혼합형	
			서초동	아파트형	
			잠실동	아파트형	
본 연구				저층주거형	성북동
				저층주거형	평창동
				저층주거형	통의동

2) 대상지 규모 및 도시형태

최종 도출된 분석대상지들에 대한 주거지형태 특성과 일조시간 분석을 수행하기 위해서는 분석대상지의 규모 선정이 이루어져야 한다. 선행 연구들에서 활용한 분석대상지들은 대부분 일정규모 내 격자형 도시 형태들이다(표 3-7).

본 연구에서는 선행 연구들의 분석대상지 선정 방법들 중 현실 도시를 대상으로 분석을 실시한 연구들이 보편적으로 선정한 대상지 규모를 고려하여 분석대상지의 규모를 500×500m의 격자 형태로 선정하도록 한다.

<표 3-7> 선행연구에서의 분석대상지 규모

선행 연구	규모	관련 분석 요소	대상지
Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form (2003)	500×500(m)	·street network ·lot division ·building footprint ·land use	현실 도시
Ratti, Baker and Steemers (2005)	400×400(m)	·surface-to-volume ratio	현실 도시
서울시정개발연구원 (2009)	·도심지역 -500×500(m) ·역세권/기타 -2×2/1×1(km)	·용도지역/지구 ·필지규모 ·개발사업 ·도로/블록 ·건축년도/용도/층수	현실 도시
Rode, Keim, Viejo and Schofield (2013)	500×500(m)	·용적률/건폐율 ·건물높이 -surface-to-volume ratio	현실 도시
Steadman, Hamilton and Evans (2014)	런던시 전체	·volume(용적) ·exposed surface area ·building height	현실 도시
여인애·이정재·윤성환 (2009)	1×1(km)	·부지폭/건물폭 ·벽면 방위각 ·건물높이/용도/구조 ·건폐율 ·지형(평균표고)	가상 도시
여인애·윤성환 (2011)	200×200(m)	·건폐율 ·건물높이/폭 ·천공률	가상 도시

<표 3-8> 분석대상지 별 도시형태

주거지 유형	분석 대상지				
저층 주거형 (10)	성북구 성북동	종로구 평창동	영등포구 신길동	동대문구 제기동	종로구 통의동
아파트형 (7)	중랑구 면목동	강북구 수유동1	강북구 수유동2	동작구 상도동	마포구 망원동
혼합형 (15)	서초구 반포동1	노원구 상계동	강남구 압구정동	강남구 도곡동	서초구 서초동
	송파구 잠실동	서초구 반포동2			
	성동구 금호동	서초구 방배동1	강서구 방화동	중랑구 중화동	강남구 역삼동2
	관악구 봉천동	중구 남산동	종로구 권농동	광진구 자양동	양천구 신월동
	강북구 미아동	서초구 방배동2	용산구 한남동	강남구 역삼동1	성동구 옥수동

IV. 주거지 건축요소 및 일조시간 특성 분석

1. 자료 구축

1) 주거지 건축요소

주거지형태와 일조시간과의 관계 및 영향 분석을 위해서는 분석대상지의 3차원 디지털 모델을 제작해야 하는데, 이를 위해서는 대상지별 개별 건물들의 높이 등 주거지의 건축 요소들에 대한 자료 구축이 요구된다.

건물의 3차원 모델링을 위해서는 분석대상지 내 건물의 평면에 따른 높이값을 GIS 자료에 속성으로 구축하고, 이를 3차원으로 모델링해주는 과정을 거쳐야 한다. 또한, 대상지의 지형정보가 포함되어 있는 DEM과 연계하여 기존의 2차원 GIS 자료를 지형이 반영된 3차원 모델로 변환해주는 과정이 이루어져야 한다. 분석대상지의 3차원 도시모델 제작과 주거지형태 요인들에 대한 자료 구축은 다음과 같은 방법을 통해 수행되었다.

○ 건폐율 / 용적률

도시공간의 밀도 특성을 평가하기 위해 가장 유용하게 활용되는 것이 건폐율과 용적률이다. 그리하여 법체계에서도 도시의 밀도 규제를 위해 건폐율과 용적률을 그 수단으로 사용하고 있다.

건폐율은 대지면적에 대한 건물면적의 비율이다. 대지면적은 분석대상지 규모인 500×500m에 의해 25만㎡이며, 건물면적은 대상지 내에 포함된 모든 건물들의 바닥면적을 ArcGIS에서 Calculate Geometry 기능을 활용하여 도출한다.

용적률은 대지면적에 대한 건물 연면적의 비율이다. 용적률 산정을 위해 대지면적은 건폐율과 동일하게 25만 m^2 이다. 건물 연면적의 산정은 일조 분석 시 도출가능한 건물의 체적값을 이용한다. 연면적은 체적에서 층간격인 3m로 나눈 값으로, 건물 연면적을 최종 산정한다.

○ 차폐비

차폐비는 건물 간격에 대한 표고가 반영된 건물 높이의 비율로, 차폐비 산정을 위해 필요한 건물 간격의 통계량은 ArcGIS 소프트웨어에서 feature 간 최 근접 거리를 측정하는 Proximity→Near 기능을 활용하여 개별 건물들이 주변에 입지한 건물과 가장 가까운 거리를 측정하는 방법으로 산출한다.

차폐비에서 활용되는 건물 높이는 표고가 반영된 건물 높이로 높이 편차 자료 구축 시 산정된 표고가 반영된 건물 높이 자료를 활용하여 건물 간격과 함께 최종적으로 차폐비를 산정한다.

○ 건물 높이

국가공간정보포털에서 제공하고 있는 GIS 건물통합정보⁶⁾를 활용하여 대상지별 2차원의 건물 형태 및 정보를 추출한다. GIS 건물통합정보에는 23개의 속성이 건물별로 구축되어 있는데(표 4-1), 본 연구에서는 2016년 11월 시점을 기준으로 하는 건물통합정보 자료를 활용하였다.

GIS 건물통합정보의 건물높이 속성에는 일부 누락되었거나 실제와 상이한 데이터들이 존재하기 때문에, 이들에 대한 보완 및 정제가 이루어져야 한다. 특히 분석대상지의 3차원 디지털 모델을 구축하기 위해서

6) : <http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/OpenapiList.do?gubun=F>

<표 4-1> GIS 건물통합정보 데이터셋의 속성 정보

번호	표준항목명	필드	설명
1	원천도형ID	A0	개방DB에서 정의한 GIS건물통합 공간정보의 도형 ID
2	GIS건물통합 식별번호	A1	건물공간정보DB 식별자
3	고유번호(PNU)	A2	각 필지를 서로 구별하기 위하여 필지마다 붙이는 고유한 번호
4	법정동코드	A3	건물이 소재한 행정구역코드(법정동코드) 10자리
5	법정동명	A4	건물이 소재한 소재지의 행정구역 명칭(법정동명)
6	지번	A5	필지에 부여하여 지적공부에 등록한 번호. 지번 본번과 지번부번으로 구성
7	특수지코드	A6	건물이 위치한 해당 필지의 특수지 코드
8	특수지구분명	A7	건물이 위치한 토지의 특수지구분
9	건축물용도코드	A8	건축물의 용도코드
10	건축물용도명	A9	건축물의 종류를 유사한 구조, 이용 목적 및 형태별로 묶어 구분
11	건축물구조코드	A10	건축물의 전유/공유구조 코드 정보
12	건축물구조명	A11	건축물의 구조 정보
13	건축물면적	A12	대지에서 건축물이 차지하고 있는 면적
14	사용승인일자	A13	건축물의 사용승인 일자
15	연면적	A14	건축물에서 지하층을 포함한 건물 각 층의 바닥면적을 합산한 면적
16	대지면적	A15	건축물을 세울 토지의 수평면상 넓이
17	높이	A16	건물의 높이
18	건폐율	A17	대지면적에 대한 건축면적의 비율
19	용적률	A18	대지면적에 대한 건축물의 연면적 비율
20	건축물ID	A19	건축물을 식별할 수 있는 고유번호
21	위반건축물여부	A20	건축물의 위반 건축물 여부
22	참조체계연계키	A21	공간정보참조체계에서 부여하는 공간객체등록번호

는 대상지 전체 건물의 높이 속성이 완전히 입력되어져 있어야 하기 때문에, 누락된 건물의 높이 속성에 대해서는 다른 GIS 정보나 거리 뷰 등을 활용해 일일이 확인하고 입력하는 과정을 거친다. 건물 층수로 높이의 수치를 가늠해야 하는 경우에는 1층의 높이를 3m로 일괄 산정하였다.

건물 높이는 분석대상지 내 개별 건물 높이들의 평균값으로 산정한다.

$$\begin{aligned} \bar{h} &= \text{건물 높이 평균} \\ \bar{h} &= \frac{1}{n} (h_1 + h_2 + \dots + h_n) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_k \\ \bar{h} &= \text{건물 높이} \\ n &= \text{건물 수} \end{aligned}$$

○ 건물 향

건물의 향을 도출하기 위한 방법은 다음과 같다. 건물에 대한 벽면의 향의 방위각을 도출할 수 있는데, 여기에서 건물 향 분석에 포함할 벽면의 범위 제한이 필요하다. 건물의 벽면은 최소 3면으로 모든 방향을 바라보고 있기 때문이다. 일반적으로 향이라 함은 남측 방향을 바라보고 있는 면을 기준으로 하기 때문에 벽면의 범위 제한을 위한 방위각을 우선적으로 지정한다.

벽면 방위각 지정으로 남측을 바라보는 2개의 면이 결정되면, 각 object들의 방위각들의 평균을 통해 최종적인 건물의 향을 도출한다. 개별 object 방위각들의 평균은 일조시간을 산출하는 방식과의 정합성을 고려하여 object별 면적에 대한 가중 산술평균 분석으로 최종 건물의 향을 도출한다.

건물 면별 향은 Ecotect Analysis 프로그램에서 태양에너지 분석 시 함께 도출 가능하다.

- $180^\circ \leq \theta_{ow} < 360^\circ$ or $0^\circ \leq \theta_{ow} < 90^\circ$ or $90^\circ < \theta_{ow} < 180^\circ$ $\cdot \theta_{ow} =$ 벽면 방위각 (향)

- $$\bar{X}_w = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad \cdot \bar{X}_w = \text{가중 산술평균}$$

○ 높이 편차

높이 편차 자료는 건물들의 높이 속성에 대한 standard deviation 기술통계를 활용하여 구축하였다. 여기서 높이 편차는 실제 3차원 도시모델에서 DEM의 표고가 반영된 수치를 의미한다. 그러므로, 건물 높이 정보에 DEM에서 해당 위치의 표고수치를 결합한 3차원의 건물높이 자료를 구축하고, 이에 대한 표준 편차를 통계화 한다. 표고 수치는 ArcScene에서 Z Information 기능을 활용하여 도출한다.

표준 편차는 각각의 변량에서 산술평균값을 뺀 편차의 제곱을 평균하여 제곱근을 씌운 값으로 산출한다.

- $$S = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \bar{h})^2}{n - 1}}$$

$\cdot S =$ 건물 높이의 표준 편차
 $\cdot h =$ 개별건물의 높이
 $\cdot \bar{h} =$ 건물들의 평균 높이
 $\cdot n =$ 건물 수

○ 경사도

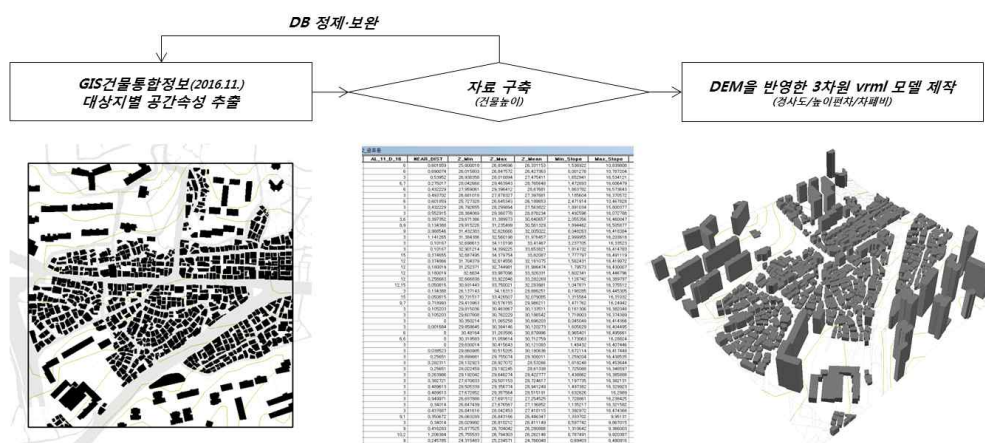
경사도는 ArcGIS 프로그램의 하위 버전인 ArcScene에서 DEM을 적용하여 3D Analyst Tool의 3D Features→Add Z Information→Average

Slope 기능을 활용하여 산정한다. 단, 이 결과 값은 방향을 반영하고 있지 않기 때문에, 경사도의 평균값에 대한 자료를 구축할 수 있을 뿐, 경사면의 방향까지는 판단할 수 없다. 그리하여 경사도 자료를 구축한 후 경사도가 높은 대상지들 중 사면의 방향을 판단할 수 있는 사례들에 대한 개별 분석을 통해 사면 방향이 일조량 확보에 미치는 영향을 평가하는 것이 가능하다.

2) 일조시간

주거지의 건축요소 도출에 활용된 3차원 디지털 모델인 VRML은 보정단계 없이 바로 일조 시뮬레이션을 수행할 경우 모델의 surface, 즉 면 방향의 오류가 나타나는 경향이 있으며, 이는 궁극적으로 일조시간 분석에 영향을 미치게 된다. 그리하여 이를 보정하여 모델을 구축하는 과정이 수행되어야 한다.

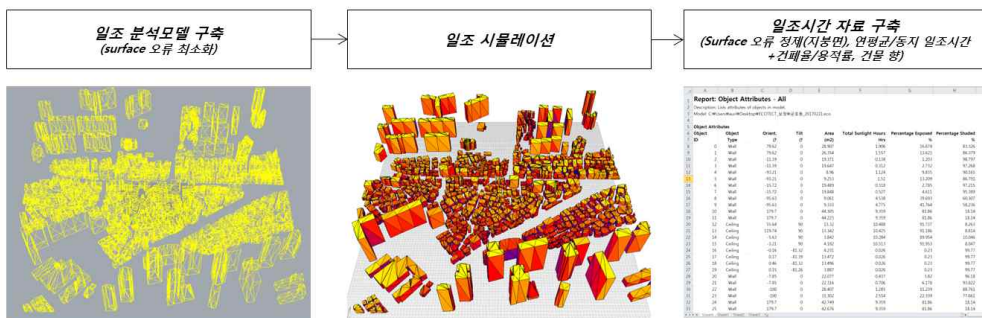
Surface 방향 보정은 3D 모델링 프로그램인 Rhino에서 unify surface normals 기능을 활용하여 surface 방향을 통일함으로써 오류를



최소화할 수 있다. 이러한 방법도 궁극적으로는 면의 방향이 완전히 보정되지는 않기 때문에, 최종 자료 구축 시 이러한 오류 데이터들에 대한 정제가 이루어지도록 한다. 정제는 지붕면(ceiling)에 한정해서만 수행되며, 면 방향 오류에 의한 일조시간 결과의 영향이 1/1000 단위로 미미하다고 판단되므로, 이러한 오류에 대해서는 존치하도록 한다.

이러한 분석모델의 보정 과정이 이루어진 후, Ecotect Analysis에서 보정한 VRML 모델에 대한 일조(sunlight hours) 시뮬레이션을 수행한다. 일조 시뮬레이션 분석시 조건으로, Weather data는 Korea-Seoul (lat: 37.5, Lng: 126.9)로 설정하였고, 분석 기간은 1월-12월의 0-24시로 연중 모든 기간의 일조 시간 결과를 도출하도록 하였다. 이러한 일조 분석은 대상지 내 분석 최소단위인 object의 수에 따라 그 처리시간이 상이한데, object 수가 많은 지역의 경우 상당한 시간이 소요되기도 한다.

이러한 일조 시뮬레이션 분석이 완료되면, 분석 결과를 이미지화할 수 있고, object별(최소 분석단위) 일조시간 자료를 Excel sheet로 표출할 수 있다. 표출 가능한 속성은 object type(ceiling, wall) / orient(°) / tilt(°) / area(m²) / total sunlight hours(연평균 일일) / percentage exposed(%) / percentage shaded(%)로, 일조 시간 뿐만 아니라 표면의 방향과 표면적 결과도 구축이 가능하다. 일조시간 분석에서 연평균 자료 외에 동시기간에 대한 일조시간 자료도 함께 구축하여, 추후 공동주택의



일조시간 비교분석에 활용하도록 한다.

3) 구축 결과

유형 구분된 서울의 주거지 건축요소 및 대상지에 대한 특성과 이에 따른 일조시간 도출 결과는 다음과 같다(표 4-2). 주거지 건축요소 특성에 대한 분석 결과, 건폐율에 대한 유형별 평균은 저층주거형이 36.6%로 가장 높고, 혼합형이 32.7%, 아파트형이 18.1%로 가장 낮게 나타났다. 용적률의 유형별 평균은 저층주거형이 108.6%, 아파트형이 250.7%, 혼합형이 176.5%로 나타났다. 건물간격에 대한 건물높이의 비율인 차폐비의 경우 아파트형이 4.3으로 가장 낮고, 혼합형이 5.9, 저층주거형이 6.1로 높게 나타났다.

건물높이에 대해서는 아파트형이 49.6m로 가장 높고, 혼합형이 11.1m, 저층주거형이 7.2m로 나타났다. 건물 향은 아파트형이 180.0°로 가장 남향이고, 저층주거형 182.1°, 혼합형 187.9°로 서향으로 편향되어 있다. 높이편차는 저층주거형이 7.8m, 혼합형이 13.3m, 아파트형이 26.9m로 저층주거형이 가장 적고, 아파트형이 가장 크다. 지형을 판단하는 경사도의 경우 혼합형이 5.0°로 가장 심하며, 저층주거형의 경우 3.7°, 아파트형의 경우 1.2°로 나타나, 아파트형은 가장 평지에 가까운 지역에 입지하고 있다.

<표 4-2> 주거지 건축요소 및 일조시간 자료 구축 결과

주거지 유형	대상지	건폐율 (%)	용적률 (%)	차폐비 (높이/ 간격)	건물 높이 (m)	건물 향 (°)	높이 편차 (m)	경사도 (°)	일조 시간
저층 주거 형	성북동	19.9	59.7	1.6	7.2	174.6	16.6	9.5	6.4
	평창동	19.9	58.3	1.7	6.9	184.8	17.5	11.9	6.2
	신길동	41.9	98.9	7.3	6.6	174.1	3.7	0.8	4.8
	제기동	41.7	110.3	9.3	5.6	199.8	3.9	0.2	4.8
	통의동	38.4	106.0	8.6	6.0	188.7	6.4	2.5	4.8
	면목동	43.5	119.9	7.6	7.6	148.8	3.9	0.8	4.8
	수유동1	27.2	95.2	4.0	7.1	183.1	8.9	5.1	5.3
	수유동2	45.3	131.9	8.2	8.2	182.4	4.2	0.4	4.5
	상도동	45.4	139.5	7.0	7.0	182.4	7.9	5.7	4.6
	망원동	43.0	166.6	5.5	9.9	202.3	4.6	0.3	4.6
	평균	36.6	108.6	6.1	7.2	182.1	7.8	3.7	5.1
아파트 형	반포동1	24.6	105.4	1.0	12.0	183.7	5.6	1.1	6.3
	상계동	17.3	205.2	3.8	33.2	195.1	16.5	0.6	4.6
	압구정동	17.6	212.3	3.1	38.7	189.1	21.0	1.1	4.7
	도곡동	17.3	331.2	5.9	97.1	185.0	69.8	0.5	3.6
	서초동	18.2	293.6	3.5	41.3	184.0	26.3	3.7	4.6
	잠실동	17.2	320.1	8.5	60.2	158.8	22.7	0.2	3.5
	반포동2	14.6	286.9	4.5	64.4	164.5	26.2	1.0	3.8
	평균	18.1	250.7	4.3	49.6	180.0	26.9	1.2	4.4
혼합 형	금호동	31.1	183.7	8.2	9.0	180.9	13.9	6.9	4.0
	방배동1	43.4	161.9	5.7	9.1	197.3	12.0	7.3	4.5
	방화동	34.7	165.4	5.3	8.9	184.2	6.7	1.5	4.8
	중화동	34.4	127.0	4.6	8.3	205.8	5.3	0.7	5.0
	역삼동2	35.0	144.7	3.5	9.5	190.5	9.1	5.7	5.3
	봉천동	33.5	132.1	5.0	9.5	168.5	12.6	6.7	4.2
	남산동	36.0	188.3	7.5	9.7	190.2	17.0	9.7	4.2
	권농동	41.4	159.2	14.0	7.0	205.6	7.3	0.7	4.3
	자양동	24.4	194.6	5.0	14.0	173.4	14.2	0.7	4.3
	신월동	34.0	176.3	4.8	11.5	209.8	9.2	2.9	4.6
	미아동	19.3	239.4	5.0	15.1	163.3	32.9	9.6	4.1
	방배동2	34.1	164.8	5.3	11.6	194.7	7.1	3.0	4.7
	한남동	27.2	165.3	3.3	12.3	171.0	16.2	11.2	5.0
	역삼동1	39.3	202.5	6.0	13.9	196.8	7.0	1.7	4.2

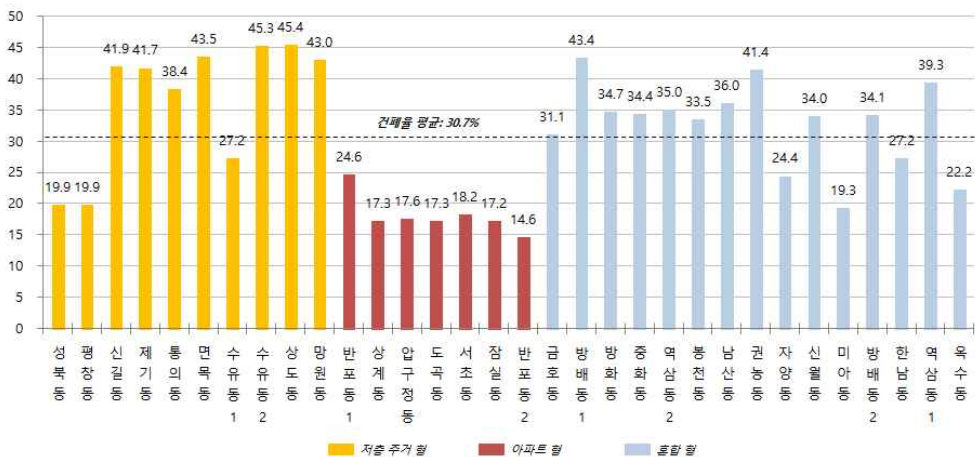
2. 주거지 건축요소 특성 분석

1) 건폐율

건폐율은 건물의 간격과 관련을 가진다. 그리하여 차폐비와는 정(+)의 관계를 가지며, 일조에 대해서는 부(-)의 영향을 미치게 된다. 주거지 유형별 건폐율 평균은 저층주거형이 36.6%로 가장 높고, 혼합형이 32.7%, 아파트형 18.1% 순으로 분석되었다. 건폐율의 전체 평균은 30.7%로 나타났는데, 저층주거형과 혼합형이 평균을 상회하는 통계량을 보이고 있다.

32개 분석대상지별 건폐율 특성을 분석해 보면, 저층주거형 중 성북동, 평창동 등 양호한 단독주택지와 북한산 구릉지에 위치한 수유동1이 건폐율이 낮아 양호한 저층주거의 형태를 나타냈다. 상도동(45.4), 수유동2(45.3%)은 건폐율이 최고로 높아 밀집한 저층주거의 전형을 보여주고 있다.

아파트형은 전 케이스들의 건폐율이 평균을 하회하고 있어, 공지를



많이 포함하고 있는 것으로 나타나고 있다. 아파트형 중에서도 재건축 아파트유형인 잠실동과 반포동2는 단지배치 및 설계의 차이로 건폐율도 각각 17.2%, 14.6%로 차이를 보이고 있다.

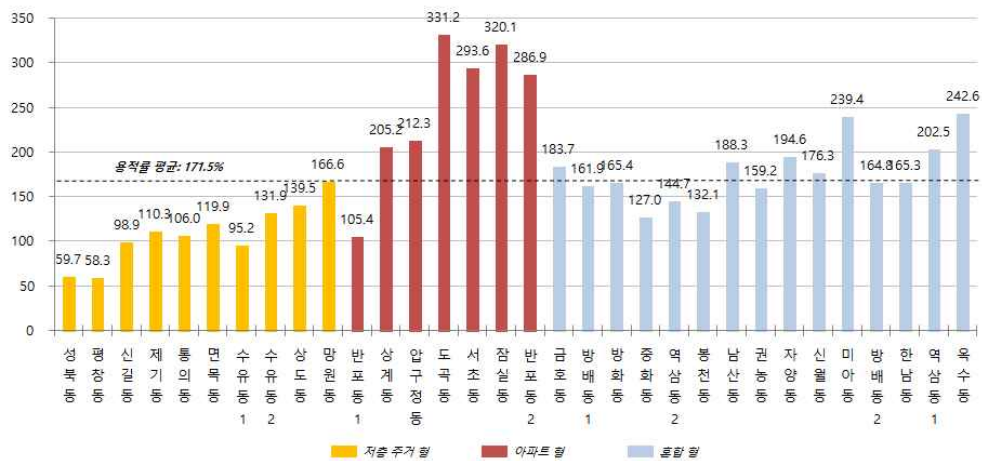
혼합형은 저층주거와 아파트의 혼재정도가 특성을 반영하는 것으로 판단된다. 방배동1(43.4%), 권농동(41.4%), 역삼동1(39.3%)의 경우 건폐율이 높아 저층주거가 밀집된 지역으로 나타났으며, 미아동(19.3%), 옥수동(22.2%), 자양동(24.4%) 등은 아파트의 비율이 높은 지역으로 건폐율이 낮게 나타났다.

2) 용적률

용적률은 도시 밀도를 측정하는 주요 척도로, 도시 특성의 대표적 판단 기준이 된다. 밀도가 높을수록 일조에는 부(-)의 영향을 미치는 것이 일반적인 지식이다. 차폐비 등 물리적 특성이 일조에 불리해지기 때문이다. 전체 대상지의 용적률 평균은 171.5%로 분석되었으며, 주거지 유형별로는 저층주거형이 108.6%로 가장 낮고, 혼합형이 176.5%, 아파트형이 250.7%로 가장 높게 나타났다. 이는 밀도의 차이와 정합되는 결과이다.

대상지별로 용적률 분석결과를 살펴보면, 저층주거형은 성북동(59.7%), 평창동(58.3%), 수유동1(95.2%) 등 앞서 건폐율에서 양호한 지역에 용적률에도 유사한 밀도 패턴을 보이고 있다.

아파트형의 경우 5층 저밀 아파트단지인 반포동1을 제외하고, 모두 용적률 평균치를 상회하고 있다. 상업지역으로, 초고층 주상복합아파트들이 입지한 도곡동이 331.2%로 가장 높은 용적률을 보였으며, 재건축아파트인 잠실동(320.1%), 고층 주거지역인 서초동(293.6%), 재건축아파트인 반포동2(286.9%) 등이 높은 순으로 나타났다.



<그림 4-4> 대상지별 용적률 특성

혼합형에 대한 용적률 결과로, 평균치를 상회하는 지역과 평균치를 밑도는 지역이 골고루 분포되어 있다. 이 역시 주거유형의 혼재비율이 가장 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. 중화동(127.0%), 봉천동(132.1%) 등은 용적률이 낮고, 미아동(239.4%), 옥수동(242.6%), 자양동(194.6%)은 아파트의 혼합비율이 높아 용적률이 높게 나타나고 있다.

3) 차폐비

차폐비는 건물 간격에 대한 표고가 반영된 건물 높이의 비율로, 건물 간격에 반비례하고 건물 높이에 비례하는 함수 값을 가지는 도시형태 요인이다. 차폐비가 높을수록 이론적으로는 일조에 부(-)의 영향을 미치게 된다.

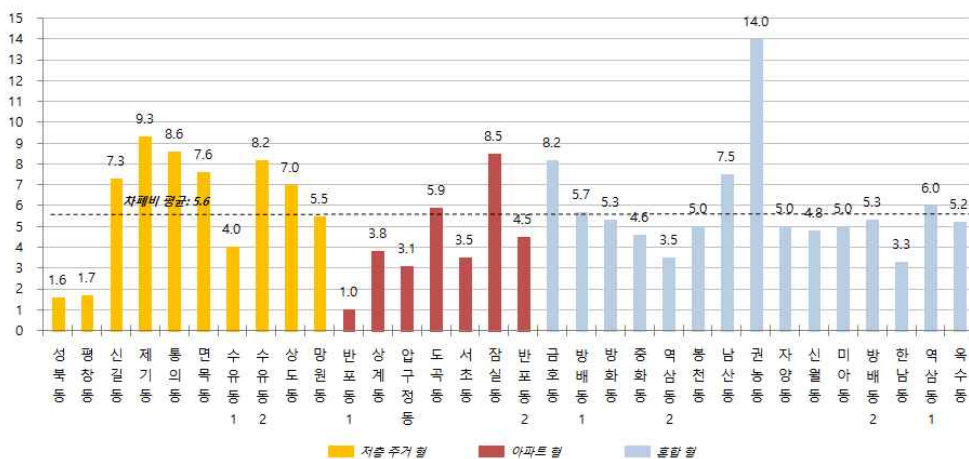
차폐비를 결정하는 건물 간격 변수는 태양에너지 획득에 대한 차폐각도에 미치는 영향이 클 뿐만 아니라, 공동주택의 인동간격을 규제하고 있는 등 주거환경의 질을 평가하는 데 주요한 기준이다. 일반적인 상식에서는 건물 간 간격이 넓을수록 차폐각도가 작아지기 때문에 태양에너지

지 획득에 유리한 것으로 보고 있다.

차폐비에 대한 주거지 유형별 도출 결과로, 아파트형이 4.3으로 가장 낮고, 혼합형이 5.9, 저층주거형이 6.1로 가장 높은 것으로 나타났다. 건물 높이가 아파트형이 가장 높음에도 불구하고, 차폐비가 낮다는 것은 그만큼 건물 간격이 넓다는 것이며, 대상지 내 충분한 공지를 확보하고 있다는 의미이다. 차폐비의 전체 평균은 5.6이기 때문에 아파트형을 제외한 저층주거형과 혼합형은 평균보다 높아 상대적으로 일조환경이 열악할 것으로 예측된다.

사례별 차폐비 특성을 살펴보면, 반포동1 1.0, 성북동 1.6, 평창동 1.7 등으로 앞서 다른 주거지형태 특성들을 통해 파악되었던 양호한 주거지들이 차폐비도 낮게 도출되었다. 반면, 차폐비가 높게 도출된 케이스들은 권농동이 14.0, 제기동 9.3, 통의동 8.6 등으로 밀집한 저층주거지들이 차폐비가 높은 것으로 나타나, 이러한 지역들의 건물 간격이 상당히 좁은 것을 알 수 있다.

또한, 건물 간격이 넓은 아파트형의 경우 잠실동의 차폐비가 8.5로 차폐비 평균을 상회하고 있다. 이는 잠실동 재건축아파트의 배치형태가



一자형 배치가 아닌 ㄱ자 배치로 건물 간격이 좁게 도출된 요인이 가장 크게 작용한다.

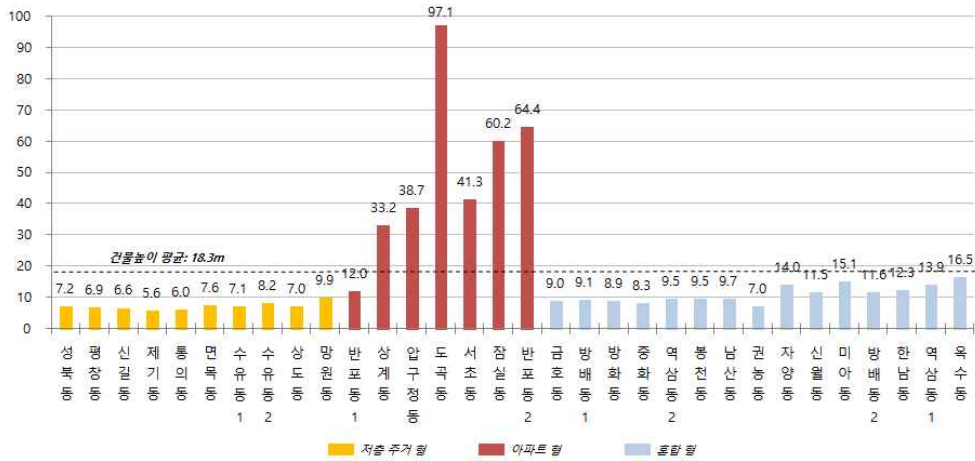
4) 건물 높이

건물 높이는 태양에너지 획득과 관련하여 차폐 각도를 결정짓는 가장 중요한 도시형태 변수중 하나다. 건물 간격이 동일할 때, 분석 대상지의 건물 높이가 평균적으로 높을 경우 차폐 각도가 커지고, 건물 높이가 평균적으로 낮을 경우, 차폐 각도가 작아지는 관계를 보인다.

기본적으로 주거지 형태의 유형화가 주거건물의 규모에 따라 이루어져 있기 때문에, 건물 높이와 상당히 유의미하게 구분되고 있다. 전체 대상지의 건물 높이 평균은 18.3m로 파악되었으며, 유형별 평균으로 저층주거형이 7.2m로 가장 낮고, 혼합형이 11.1m, 아파트형이 49.6m로 가장 높게 나타났다. 저층주거형과 혼합형은 평균을 하회하고 있으며, 아파트형은 평균을 크게 상회하고 있다. 저층주거형의 경우 양호한 주거지와 밀집한 주거지가 유사하게 낮은 건물 높이를 나타내고 있으며, 혼합형의 경우 저층과 고층의 혼합 정도에 따라 건물 높이가 차이를 만드는 것으로 사료된다.

32개 대상지별 건물 높이를 살펴보면, 저층주거형은 편차가 고르게 분포하고 있으며, 제기동(5.6m), 통의동(6.0m), 신길동(6.6m) 순으로 낮은 특성을 보이고 있다.

아파트형의 경우, 5층 저밀 아파트단지인 반포동1의 경우에만 12m로 평균보다 낮고, 개발밀도가 높고, 재건축이 완료된 단지일수록 건물 높이가 높게 형성되어 있다. 개발밀도가 가장 높은 상업지역인 도곡동은 초고층 주상복합아파트들이 입지한 지역으로 건물높이가 97.1m로 가장 높게 나타났고, 재건축단지인 잠실동이 60.2m, 반포동2는 64.4m로 높게 도출되었다.



<그림 4-6> 대상지별 건물높이 특성

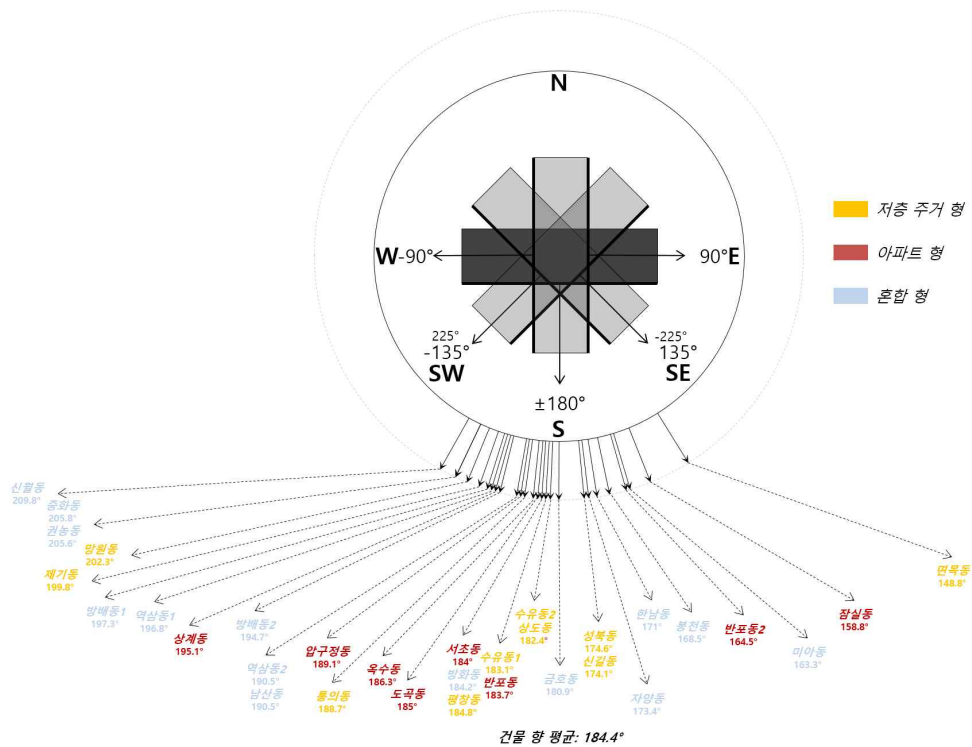
혼합형은 공동주택비율이 높을수록 건물 높이가 증가한다. 그럼에도 불구하고, 모든 사례들이 평균보다 낮은 높이값을 형성하고 있다. 공동주택 비율이 높은 옥수동(16.5m), 미아동(15.1m), 자양동(14.0m) 등이 유형 내 높은 건물 높이 값을 보이고 있다.

5) 건물 향

건물 향은 비율척도의 개념으로 분석이 가능하나, ± 180 도인 정남향을 중심으로 판단을 하는 관점이 요구된다. 그러므로 단순히 각도의 높고 낮음으로 평가할 수는 없는 도시형태 변수다.

건물 향 도출 결과, 가장 남향에 근접한 대상지는 금호동(180.9), 상도동·수유동2(182.4), 수유동1(183.1) 순으로 나타났으며, 가장 동서향으로 치우친 대상지는 면목동(148.8), 신월동(209.8), 중화동(205.8) 순으로 나타났다.

케이스별 전체 평균은 184.4도로 약간 서향에 치우친 편이며, 주거지 유형별로는 혼합형이 187.9도로 가장 서향으로 치우쳐 있고, 저층주거형



<그림 4-7> 대상지별 건물 향 특성

이 182.1도, 아파트형이 180.0도로 평균적으로 정남향을 바라보고 있는 것으로 분석되었다.

건물 향의 경우 기술통계를 위해 남향을 170~190°로 설정하고, 170° 이하를 남동향으로, 190° 이상을 남서향으로 하여 일조시간의 통계량을 살펴 보면, 남향의 평균이 가장 높고 남동향에 비해 남서향이 일조시간

<표 4-3> 건물 향별 범위 및 평균 일조시간

	남동향	남향	남서향	평균
범위(°)	148.8~170	170~190	190~209.8	184.4

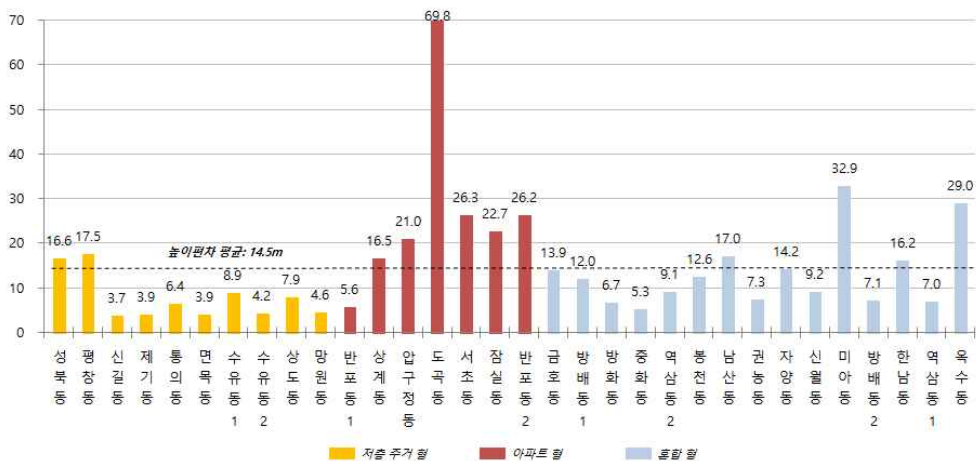
이 높게 나타난다(표 4-3). 이러한 향별 평균은 남향의 범위를 어떻게 정하느냐에 따라 달라질 수 있다.

6) 높이 편차

본 연구에서는 분석대상지 내 건물의 높이 편차는 태양에너지의 차폐각도와 관련이 크며, 건물의 높이 평균이 동일하더라도, 높이 편차가 작고 큰의 차이는 일조환경 변화에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 가정하고 있다. 그리하여 높이 편차는 태양에너지 획득과 관련이 있는 도시형태 변수인지 검증해야 한다.

높이 편차 변수는 단순히 평지에서의 높이 편차가 아니라, 지형을 반영한 건물의 높이 편차를 의미하므로 원래의 물리적 환경 및 지형의 영향을 받아 변동하는 변수이다. 예를 들어, 구릉지대의 경우 높이 편차가 평지에 비해 크게 도출될 가능성이 높다.

전체 대상지의 높이편차 평균은 14.5m로 나타났는데, 주거지 유형별로는 저층주거형이 7.8m로 편차가 가장 작고, 아파트형이 26.9m로 가장



크며, 혼합형은 13.3m로 분석되었다.

대상지별 높이 편차 분석에서는 아파트형의 도곡동이 69.8m로 모든 사례 중에서 가장 컸고, 혼합형의 미아동(32.9m), 옥수동(29.0m)이 그 뒤를 이었다. 건물 높이와 달리 혼합형에서 높이 편차가 큰 사례들이 나타나고 있다. 이러한 사례들의 일조 특성을 심층적으로 분석해 볼 필요가 있다.

높이 편차는 지형이 반영되어 있어, 평지와 구릉지의 입지 구분에 따라 그 편차가 달라진다. 저층주거형에서 성북동(16.6m)과 평창동(17.5m)은 구릉지에 위치하고 있어 높이 편차가 큰 반면, 신길동(3.7m), 제기동(3.8m) 등 평지에 위치한 주거지의 높이는 거의 일정하기 때문에 편차가 작게 나타난다.

7) 경사도

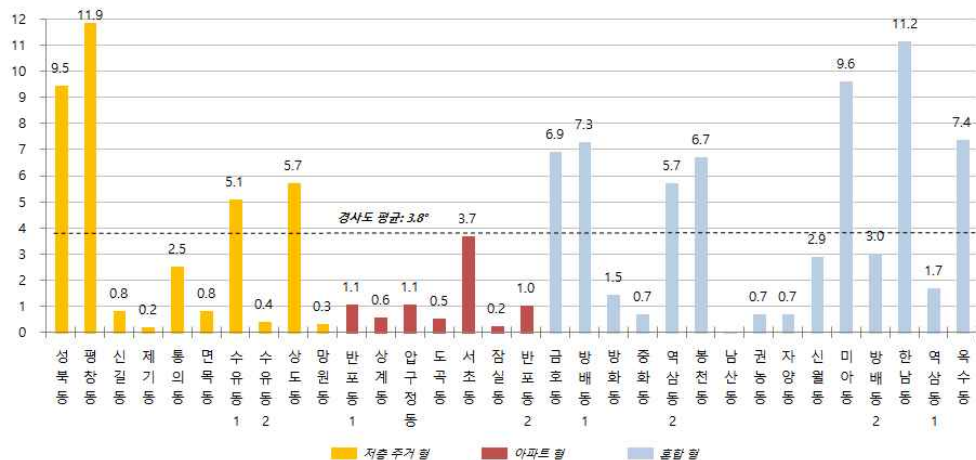
지형은 크게 평지와 구릉지로 구분할 수 있는데, DEM을 통한 경사도 분석으로 도출된 정보들을 통해 수치적으로 판단할 수 있다. 단, 경사는 모든 방향으로 이루어지기 때문에, 일조에 영향을 미칠 것으로 사료되는 주요한 방향인 북사면, 또는 남사면 등에 대한 판단은 대상지의 DEM을 고려한 별도의 판단이 요구된다.

주거지유형별 평균을 볼 때, 전체 평균은 3.8도에서 저층주거형이 3.7도, 아파트형 1.2도, 혼합형이 5.0도로서 혼합형의 경사도가 가장 심한 것으로 나타났다. 그러나, 경사도의 경우 대상지들간 편차가 심해 유형별 유의성을 판단하기 어렵다.

대상지별로는 평창동(11.9), 한남동(11.2), 성북동(9.5) 등 전형적인 부촌인 구릉지의 단독주택 지역들의 경사도가 높게 나타났다. 이 지역들은 북악산과 북한산 구릉에 터를 잡고 있다. 한남동도 한강변 구릉에 입지

하고 있어 경사도가 크게 나타났다. 이외에도 남산동(9.7), 미아동(9.6), 옥수동(7.4), 금호동(6.9) 등이 구릉에 위치하고 있어 높은 경사도를 보인다.

경사도의 경우, 봉천동과 남산동 대상지가 각각 관악산, 남산의 북측 사면에 입지하고 있어 일조시간에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 예를 들어, 봉천동의 경우 기존 지형에서 평지로 변화되었을 때 일조시간 변화가 4.2시간→4.5시간으로 일조시간이 증가하는 결과가 나타난다.



<그림 4-9> 대상지별 경사도 특성

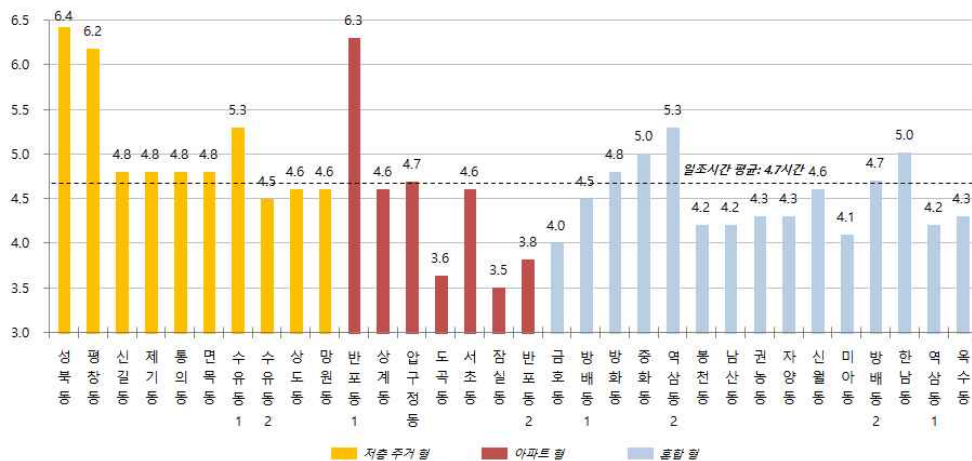
3. 일조시간 특성 분석

1) 연평균 일조시간

주거지 유형 및 대상지별 연평균 일조시간 획득의 특성 분석 결과는 다음과 같다. 저층주거형이 5.1시간으로 가장 많은 것으로 나타났고, 혼합형이 4.5시간, 아파트형이 4.4시간으로 가장 적은 것으로 도출되었다. 전체 대상지별 일조시간 평균은 4.7시간으로 저층주거형에서만 평균을 상회하고 있다.

유형별로는 저층주거형에서 양호한 주거지인 성북동(6.4시간), 평창동(6.2시간)이 일조시간이 가장 많게 나타났다. 양호한 주거지는 밀도와 차폐비 등 다양한 형태적 특성에서 기타 밀집주거지와 차별성을 보이고 있으므로, 이들 특성들이 일조에 어떠한 영향을 미치는지 통계적 분석을 통한 해석이 필요하다.

아파트형에서는 5층 저밀 아파트단지인 반포동1이 6.3시간으로 유형 내 다른 아파트단지들과 비교하여 가장 높은 결과를 보였다. 아파트형은



반포동1을 제외하고 모든 케이스들이 전체 평균을 하회하고 있다. 특히 재건축이 완료된 대규모 고층아파트단지들과 초고층 주상복합 주거지역의 일조시간이 획득량이 낮아, 밀도와 층고 등이 관련을 가질 것으로 예측할 수 있다.

혼합형의 경우 저층밀집주거 형태에 재개발이 진행되고 있는 미아동(4.1시간), 옥수동(4.3시간) 등이 일조시간이 적게 나타나, 기본적으로 공동주택 형태로 개발이 지속될수록 일조 환경은 악화되는 것으로 해석할 수 있다.

2) 공동주택의 동지일 일조시간

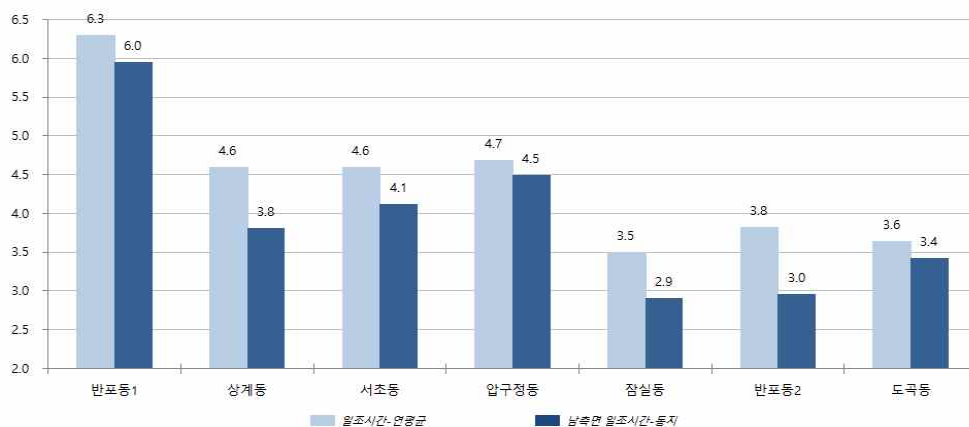
일조권에 대한 건축법상 규제사항 중 공동주택의 인동거리 제한을 위해 동지일을 기준으로 9-15시 사이 연속 2시간 이상 일조가 확보될 수 있도록 하고 있는데, 단지 차원에서 이러한 측면을 고려하여 설계하고 있지 않으며, 이를 도시적 스케일에서 바라볼 때 여러 공동주택 단지들이 밀집되어 있는 지역의 경우, 일조획득은 더 열악해질 수 있다.

그리하여 앞서 일조특성 분석에서 도출된 결과와 달리, 건축법과 일조권 관련 판례에서 일조 확보를 판단하는 기준을 공동주택 주거유형인 아파트형에 적용하여 동지 기간(12월 22일)의 일조시간 확보량을 도출하는 과정을 수행하였다. 기존의 일조특성 분석과의 차이점은 분석 일시를 연간 일일평균에서 동지일로 지정한 것, 그리고 모든 표면에 대한 일조시간을 도출한 것에서 남측 면에 대해서만 일조시간 분석을 수행했다는 것이다.⁷⁾ 판례에서는 수인한도 기준을 현행 건축법에서 제시하고 있는 기준과 동지일 8-16시 중 총 일조가 4시간 이상 확보해야 하는 기준을 함께 마련하고 있어, 이를 기준으로 살펴볼 필요가 있다.

7) 대한 수인한도를 판례에서는 일조 측정을 남향의 채광창 위치에서 실시하였다(서울고법 1996.3.29. 94나 11806).

동지기간 일조획득 분석 결과, 연평균 일조시간 확보량에서 감소가 나타났다. 아파트형 대상지별로는 반포동1이 연평균 6.3시간에서 동지일 6.0시간으로 일조 확보량이 가장 많은 가운데 소폭 감소하였고, 압구정동의 경우 연평균 4.7시간에서 동지일 4.5시간으로 역시 소폭 감소하였다. 감소폭이 큰 대상지는 상계동(4.6→3.8), 반포동2(3.8→3.0), 잠실동(3.5→2.9)이다. 잠실동은 연평균 일조시간과 함께 동지일 일조시간도 전체 대상지중 가장 적은 확보량을 보이는 것으로 분석되었다. 도곡동의 경우에는 3.6시간→3.4시간으로 감소량이 적었다.

앞서 일조 관련 손해배상 판례의 기준을 적용해 볼 때, 동지일에 총 일조량이 4시간에 미달되는 대상지들이 상계동(3.8), 잠실동(2.9), 반포동2(3.0), 도곡동(3.4)으로 도출되었다. 이처럼 우리나라의 공동주택은 법에서 규정하고 있는 일조기준을 충족하지 못하는 것으로 관련 법제도와 정책적으로 주거환경의 개선에 대한 시사점을 주고 있다.



<그림 4-11> 공동주택의 연평균/동지일 일조시간 비교

V. 주거지 건축요소와 일조시간의 관계 및 영향 분석

1. 상관관계 분석

주거지의 건축요소와 일조시간이 상관성을 가지는 지 분석하기 위해 주거지형태 요인들의 구축된 독립변수 자료와 일조시간 종속변수 자료 간의 상관관계 분석을 실시하였다. 분석도구로는 SPSS 통계프로그램을 활용하였다.

본 상관분석에서는 건물 향과 경사도 변수에 대해 구축 자료의 특성상 통계적 분석기법을 활용하지 않고 산포도를 통해 그 특성과 일조시간과의 관계를 해석한다. 건물 향의 경우 남향인 180도를 기준으로 각도가 크고 작음으로써 일조의 영향과 관계를 가지는 개념으로서, 비율이나 서열척도와 같이 통계적 분석을 수행하기 어려운 측면이 있다.

경사도는 비율척도로서 단순히 경사가 크고 작음을 판단할 수는 있으나, 도출된 수치만으로는 경사의 방향은 알 수 없다. 그리하여 일조 영향이 상반되는 북사면과 남사면의 경사도 결과가 동일하게 나타나는 문제가 발생하기 때문에 이 역시 통계적 분석이 어려운 측면이 있다.

상관분석은 단순-상관분석(Simple Correlation)을 실시하였으며, 상관 분석 방법으로 Pearson 상관과 Spearman 상관을 병행하여 사용하였다. Pearson 상관은 등간척도와 비율척도로 측정된 변수들 간 관계 분석에 널리 사용되는 방법으로 본 연구의 변수들 간 상관분석에 적합하다고 판단된다. Spearman 상관은 순위상관으로서 서열척도로 측정된 변수들 간 상관관계 분석에 사용되며, 등간척도 데이터도 순위화 후 상관관계 분석이 가능한 것으로 알려져 있다.

분석 결과, Pearson 상관의 경우 일조시간은 용적률(-0.764), 차폐비

<표 5-1> 상관관계 분석 결과

구분	변수	건폐율	용적률	차폐비	건물 높이	높이 편차	일조 시간
Pearson 상관	건폐율	1.000	-0.506**	0.552**	-0.632**	-0.672**	0.001
	용적률	-0.506**	1.000	0.085	0.813**	0.710**	-0.764**
	차폐비	0.552**	0.085	1.000	-0.082	-0.169	-0.556**
	건물 높이	-0.632**	0.813**	-0.082	1.000	0.818**	-0.498**
	높이 편차	-0.672**	0.710**	-0.169	0.818**	1.000	-0.396*
	일조 시간	0.001	-0.764**	-0.556**	-0.498**	-0.396*	1.000
Spearman 상관	건폐율	1.000	-0.503**	0.560**	-0.687**	-0.804**	0.189
	용적률	-0.503**	1.000	0.040	0.870**	0.651**	-0.756**
	차폐비	0.560**	0.040	1.000	-0.333	-0.375*	-0.468**
	건물 높이	-0.687**	0.870**	-0.333	1.000	0.668**	-0.526**
	높이 편차	-0.804**	0.651**	-0.375*	0.668**	1.000	-0.444*
	일조 시간	0.189	-0.756**	-0.468**	-0.526**	-0.444*	1.000

주: ** 유의확률(양쪽) < 0.01, * 유의확률(양쪽) < 0.05

(-0.556), 건물높이(-0.498), 높이편차(-0.396)와 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 건폐율과는 상관관계를 보이지 않았다. Spearman 상관분석을 실행했을 경우 일조시간은 용적률(-0.756), 차폐비(-0.468), 건물높이(-0.526), 높이편차(-0.444)와 상관관계가 나타났으며, 동일하게 건폐율 요인은 상관성을 보이지 않았다. Pearson과 Spearman은 변수들에 따라 그 상관계수의 크고 작음이 다르게 나타나고 있어 두 상관분석의 결과들을 상호 비교하면서 관계를 살펴볼 필요가 있다.

Pearson 상관계수 결과를 중심으로 독립변수들 간의 관계는 다음과 같다. 용적률의 경우, 건폐율과는 부(-)의 관계(-0.506)로 용적률이 높아질수록 건폐율은 낮아진다. 일반적으로 주거지에서는 밀도를 높일수록, 쾌적한 주거환경의 제고를 위해 건폐율을 낮춰 부지 내 공원 등을 조성

하고 옥외공간을 충분히 확보한다. 건물높이(0.813)와 높이편차(0.710)와는 정(+)의 관계로 용적률이 높아질 경우, 이들 요인들도 증가한다. 주거지에서 용적률이 높아질수록 건물높이가 높아지게 되고, 이로 인해 높이편차도 증가한다는 것이다. 그리하여 건물높이가 높은 지역들이 높이편차도 크다.

차폐비의 상관관계를 살펴보았을 때, 오직 건폐율과 정(+)의 관계(0.552)를 보인다. 차폐비와 건폐율이 함께 높아진다는 것은 차폐비가 높은 주거지가 건폐율도 높다는 것을 의미한다. 일조시간은 차폐비에 영향을 받는데, 이론적으로 차폐비가 낮을수록 일조 확보에 유리하다. 이러한 상관관계 분석을 통해 건폐율도 차폐비와 같이 낮을수록 일조시간이 증가한다는 것을 유추할 수 있다. 차폐비의 경우 표고가 반영된 건물높이와 관계로 정의 내려지고 있어 건물높이와 높은 상관관계를 가질 것으로 예측하였으나, 분석결과 두 건축요소 간 관계는 유의하게 나타나지 않고 있다.

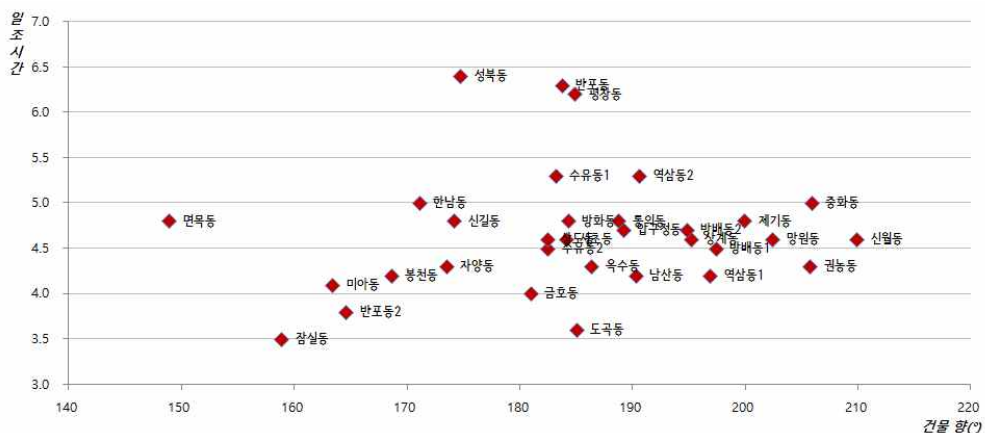
일조와 상관관계가 유의한 변수들 중 용적률-건물높이(0.813), 용적률-높이편차(0.710), 건물높이-높이편차(0.818) 등은 변수들 간 높은 상관성을 보이고 있다. 결국 용적률은 건물높이, 높이편차와 그 특성이 유사한 건축요소이며, 건물높이와 높이편차도 건축요소로서 동질의 특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 상관관계가 높은 독립변수들은 공선성이 나타날 수 있으므로 향후 회귀분석에서 이러한 공선성이 배제되어 모형이 선정되었는지 고려가 필요하다.

건물 향과 경사도 요소의 경우에는 앞서 설명한 것처럼 단순히 비율척도나 서열척도의 개념이 아니기 때문에, 일조시간과의 단순 상관분석의 결과와 해석이 불가능하다고 판단된다. 그리하여 산포도를 통해 이들 요소들과 일조시간 간 관계를 해석한다.

건물 향의 경우 산포도를 통해 파악해야 할 사항은 남향인 180도를 기준으로 일조시간의 분포 패턴을 살펴보는 것이다. 산포도 결과를 살펴

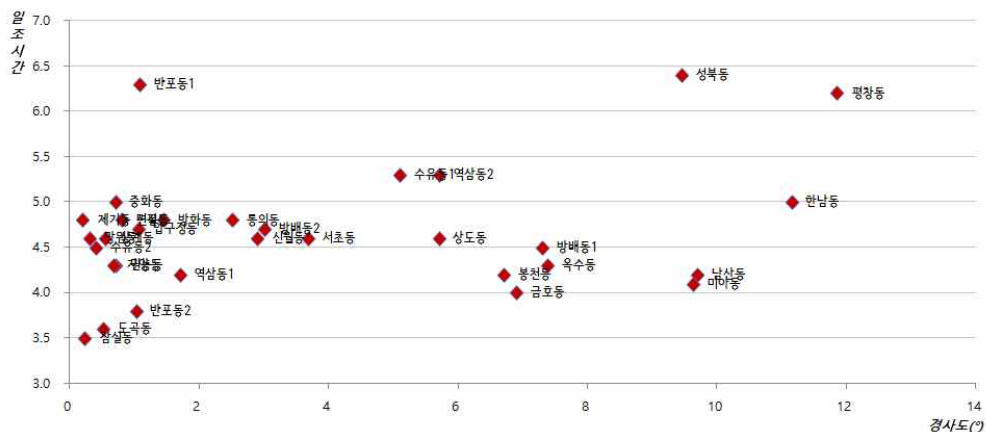
불 때, 남향인 180도를 기준으로 일조시간이 높은 대상지들이 분포하는 패턴을 보인다(그림 5-1). 이론적으로 향이 남향에서 멀어질 때 일조시간이 감소하는 패턴을 보인다면, 또는 정숙진·윤성환(2015)의 연구결과와 같이 일조 미확보율로 인해 남향의 일조시간이 가장 적어지는 결과가 나타난다면 건물 향과 일조시간의 관계가 유의하고 특정한 패턴을 보이며, 이를 해석할 수 있다. 그러나 건물 향의 산포도 결과에서는 정남향인 180도를 중심으로 일조시간이 가장 높은 사례들이 분포하고 있는 점은 발견할 수 있으나, 그 외 동향, 서향으로 갈수록 특정한 패턴이 나타나고 있지는 않다. 또한, 남향의 경우에도 금호동이나 도곡동은 일조시간의 평균을 훨씬 하회하고 있어, 남향이 가장 일조시간이 높다고 해석하기에는 무리가 있다. 단, 앞서 건물 향에 대한 기술통계 결과와 같이 평균적으로는 남향이 일조시간이 가장 높은 점은 재확인하였다.

경사도의 경우에는 앞서 설명하였듯이 경사도 결과가 방향성을 내포하고 있지 않아 건물 향과는 또 다른 방식의 해석이 요구된다. 산포도 결과, 경사도가 높아질수록 일조시간이 증가하는 패턴을 보인다(그림 5-2). 그러나 그 분포가 경사도가 낮은 지역에 밀집하여 있고, 경사도가 높은 지역의 분포는 희박하기 때문에 평균과 거리가 먼 이례적인 사례들



로 판단될 수 있기 때문에 패턴에 대한 설명력이 낮다고 판단된다. 또한 동일한 경사도 결과에서도 사면의 방향에 따라 일조시간의 결과가 달라질 수 있다. 일조시간 경사도에 내포된 방향성의 문제에 대한 예로, 남산동은 남산, 봉천동은 관악산의 북사면에 위치하고 있어 단순히 경사도만으로는 일조시간과의 관계를 평가하기에 어려운 측면이 있다.

산포도를 통한 일조시간 결과를 종합해 볼 때, 건물의 향과 경사도는 분석대상지나 케이스별 비교를 통해 통계분석을 활용한 상관성을 파악하기 보다는, 동일한 대상지에서 건물 향과 경사도의 조정을 통한 시뮬레이션 결과의 차이를 통해 관계를 해석하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.



<그림 5-2> 경사도-일조시간 산포도

2. 회귀모형을 통한 영향 분석

상관분석에서는 변수들 간의 일대일 비교 측면에서 상관관계를 볼 수 있지만, 다중 회귀분석을 통해서는 다양한 독립변수들과 인과관계를 가지는 종속변수를 구분함으로써 독립변수들이 종속변수에 미치는 영향을 판단할 수 있다. 그리하여 주거지형태 요인들을 독립변수로, 일조시간을 종속변수로 설정하여 다중 회귀분석을 실시하였다.

회귀분석에서는 앞서 상관분석에서 그 특성으로 인해 통계분석에 포함시키기 어려운 건물 향과 경사도를 제외한 5개 주거지 건축요소들을 대상으로 일조시간과의 분석결과를 도출하고(모형 1), 독립변수들의 영향력과 유의성에 따라 변수들을 선택하여 최종 회귀 모형을 도출한다(모형 2).

모형 1로 전체 주거지형태 요인들을 독립변수로 하여 일조시간과 회귀분석을 실시한 결과 표준화계수에 의해 용적률이 -0.889(유의확률 0.000)로 가장 영향력이 큰 형태 요인으로, 차폐비가 -0.355(유의확률

<표 5-2> 주거지 건축 요소별 회귀계수

구분	모형 1					모형 2				
	비표준화 계수	표준화 계수	t	유의 확률	VIF	비표준화 계수	표준화 계수	t	유의 확률	VIF
건폐율	-0.015	-0.230	-1.686	0.104	3.250	-	-	-	-	-
용적률	-0.009	-0.889	-6.388	0.000	3.373	-0.007	-0.722	-9.302	0.000	1.007
차폐비	-0.093	-0.355	-3.364	0.002	1.942	-0.129	-0.494	-6.364	0.000	1.007
건물 높이	0.003	0.106	0.643	0.526	4.715	-	-	-	-	-
높이 편차	-0.004	-0.067	-0.468	0.643	3.524	-	-	-	-	-

0.002)로 용적률 다음으로 영향력이 큰 것으로 나타났다. 다음으로는 건폐율 요인이 - 0.230으로 영향력이 나타나는데, 유의확률이 0.104로 연구자의 기준에 따라 건폐율도 종속변수인 일조시간에 유의하게 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 건폐율은 상관관계 분석 결과를 볼 때, 일조시간과 정(+)의 관계를 보인 건축요소로서 회귀분석 결과에서 나타난 부(-)의 영향을 미치는 결과와 정합성을 보이지 않는다. 특히 건폐율은 용적률, 차폐비, 건물높이, 높이편차 모든 변수들에 유의한 상관관계를 보였기 때문에 모든 건축요소들과 밀접한 연관성을 가지고 있고, 이러한 연관성이 상관분석과 회귀분석에서 부호가 다르게 나타나는 원인이라고 판단한다. 그리하여 건폐율은 다중 회귀분석에 계수로 포함시키지 않는다.

이 외 건물높이와 높이편차 요인들은 표준화계수와 관계없이 유의확률이 각각 0.526, 0.643으로 회귀 모형에 유의하지 않은 계수로 구분한다. 결국 회귀분석을 통해 일조시간에 유의하게 영향을 미치는 요인들은 용적률과 차폐비가 선정된다.

모형 2는 용적률, 차폐비 2개 요소들을 독립변수로 하여 일조시간과 회귀분석을 재실시한 결과다. 모형 1과의 차이를 살펴보면 용적률의 경우 모형 2에서 비표준화계수와 표준화계수가 감소한다. 표준화계수가 감소한다는 것은 영향력이 작아진다는 것을 뜻한다.

<표 5-3> 회귀모형 결과

구분	모형 1	모형 2
R	0.922	0.909
R ²	0.851	0.826
F	26.609	69.069
유의 확률	0.000	0.000

차폐비를 보았을 때 모형 1에 비해 모형 2에서 비표준화계수와 표준화계수가 모두 증가한다. 이는 차폐비의 설명력이 높아진 것으로서 모형 1에서의 용적률을 포함한 다른 건축요소들의 설명력이 차폐비로 전환되었다는 것으로 해석할 수 있다. 또한 차폐비의 유의확률은 0.002→0.000으로 낮아져 모형 2의 차폐비 계수의 일조시간에 대한 유의성이 높아졌다.

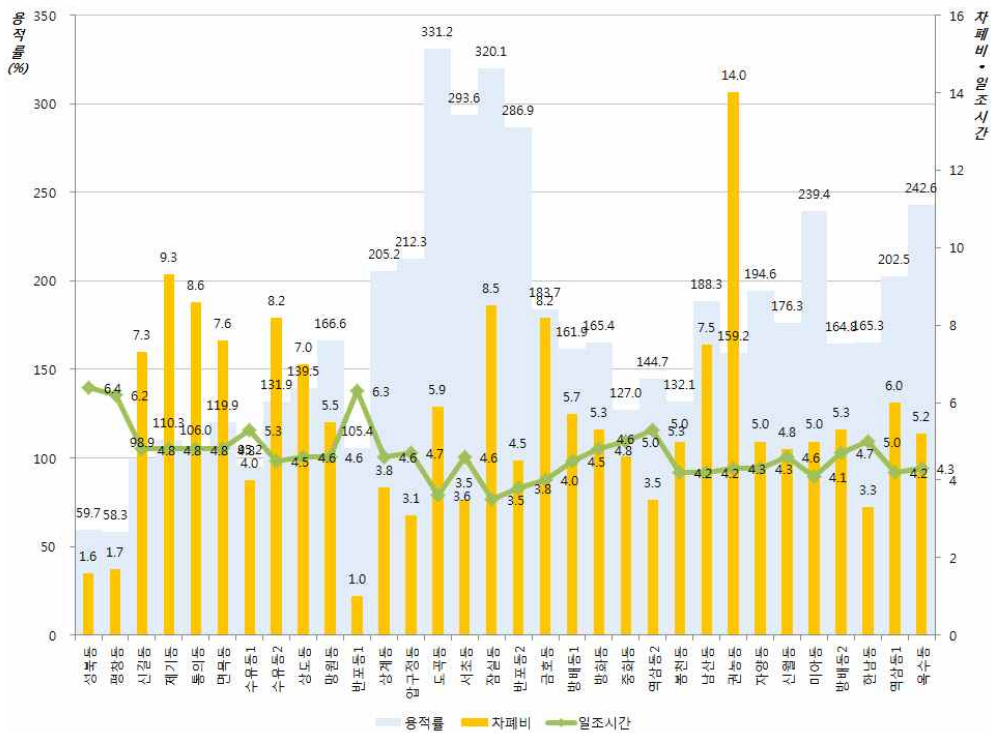
- $6.604 - 0.007X_1 - 0.129X_2 \quad (R^2 = 0.83)$

· X_1 = 용적률

· X_2 = 차폐비

주거지의 건축 요소들과 일조시간 간 상관분석 및 회귀분석을 통해 도출된 결과들을 종합해 볼 때, 일조시간은 용적률, 즉 밀도에 가장 중요하게 영향을 받는 것을 확인하였다. 밀도에 차선하여서는 차폐비가 영향을 미치는 데, 만일 동일한 밀도일 경우 차폐비를 통해 일조가 차등화되는 관계가 형성된다.

분석대상지들은 3가지 유형으로 분류되었는데, 이들 분류에 따라 주거지형태 요인들과 일조시간 특성이 구분되는 결과를 보였다. 저층주거형이 용적률(108.6%)은 가장 낮고 차폐비(6.1)는 가장 높은 특성을 보였으며, 아파트형은 저층주거형과는 반대로 용적률 250.7%, 차폐비 4.3으로 용적률은 가장 높고 차폐비는 가장 낮은 특성을 보였다. 혼합형은 용적률 176.5%, 차폐비 5.9로 평균의 결과를 나타내었다. 일조시간 결과는 저층주거형이 5.1시간, 아파트형이 4.4시간, 혼합형이 4.5시간으로 주거지유형별 특성인 용적률과 차폐비가 반영된 결과다.



<그림 5-3> 용적률/차폐비와 일조시간의 관계

3. 일조시간 증대 방안

회귀분석 결과로 볼 때, 일조에 가장 효율적인 주거지 유형은 밀도가 낮은 저층주거형이다. 모형에서는 용적률, 차폐비가 일조시간과 부(-)의 관계가 도출되었다. 그러나 도시는 그 공간과 기능이 복잡·다양하기 때문에, 모든 주거지를 저밀도인 저층주거형으로 건설할 수 없다. 중밀도뿐만 아니라 역세권과 같은 고밀-압축적 토지이용이 요구되는 지역도 존재한다. 토지의 효율적 이용이 필요한 지역은 고밀의 압축도시 형태를 주거지 모델로 고려할 수 밖에 없는 것이다. 이를 고려할 때 기존의 밀도에서 일조에 효율적인 주거지 대안으로는 차폐비가 낮은 주거지형태로 결정될 것이다.

밀도가 통제된 조건에서 차폐비를 낮추는 방식은 건물의 고층화를 통해 건물간격을 넓히거나, 건물높이를 낮추는 대신 건물간격을 좁히는 방안으로 선택될 수 있다. 그리하여 이러한 선택방안이 어떻게 나타나고 있는지 분석 대상지들 간 비교를 통해 파악한다.

대상지 비교 결과, 고층화를 통해 차폐비를 낮추어 일조시간을 증대시키는 방안과 저층화를 통해 차폐비를 낮추는 방안의 사례들이 모두 나타나고 있다(표 5-4). 고층화를 통해 차폐비를 낮추는 도시형태는 모더니즘 도시에서 보여주고 있는 대표 유형이다. 저층의 건물 간격이 좁은 주거지 대신 고층화를 통해 건물 간격을 넓히고 저층을 공원화할 수 있다(Towers in the park).

저층화를 통해 차폐비를 낮추어 일조시간을 더 확보하는 사례도 도출되었다. 이러한 사례는 모더니즘 도시가 아닌 유럽의 전통적 구도심의 주거지 형태와 우리나라에서는 서울의 사대문안 등 역사도심지역에 대표적인 주거지 형태다.

이외 수유동2-봉천동, 미아동-옥수동 사례들은 회귀모형으로 설명할 수 없는 관계를 나타낸다. 수유동2와 봉천동은 봉천동이 고층화를 통한

차폐비 저감에도 불구하고, 일조시간은 0.3시간 적은 사례다. 미아동-옥수동 사례는 미아동이 저층화를 통해 차폐비를 낮추었으나, 일조시간은 4.1시간으로 옥수동에 비해 0.2시간이 적게 나타나는 결과가 도출되었다.

이러한 결과에 대한 해석으로서, 봉천동은 관악산의 북사면에 위치하여 지형의 영향에 따른 일조의 감소를 유추해 볼 수 있다. 옥수동의 경우에는 미아동에 비해 공동주택의 배치형태가 일조확보에 유리하고, 태양광의 노출비율도 높게 나타나 건물의 배치형태도 일조에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

현행 주거지에서 밀도를 규제하는 도시계획제도는 용도지역제로, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에서 그 기준을 명시하고 있으며, 더불어 자치단체별 조례를 통해 특성화된 별도의 기준을 마련하도록 위임하고 있다(표 5-5). 이에 따라, 당해 지역에 지정된 용도지역에 따라 주거지 형태가 제한적일 수 밖에 없다. 이러한 제도적 여건 속에서 주거

<표 5-4> 유사 밀도에서 일조시간 증대 방안

방안	대상지	유형	건폐율 (%)	용적률 (%)	차폐비	건물 높이 (m)	일조 시간	비고
고층화	수유동1	저층주거	27.2	95.2	4.0	7.1	5.3	고층화로 차폐비를 낮추어 일조시간 확보
	신길동	저층주거	41.9	98.9	7.3	6.6	4.8	
고층화	반포동1	아파트	24.6	105.4	1.0	12.0	6.3	고층화로 차폐비를 낮추어 일조시간 확보
	통의동	저층주거	38.4	106.0	8.6	6.0	4.8	
고층화	수유동2	저층주거	45.3	131.9	8.2	8.2	4.5	고층화로 차폐비가 낮음에도 일조시간을 적게 획득
	봉천동	혼합	33.5	132.1	5.0	9.5	4.2	
고층화	한남동	혼합	27.2	165.3	3.3	12.3	5.0	고층화로 차폐비를 낮추어 일조시간 확보
	방화동	혼합	34.7	165.4	5.3	8.9	4.8	
고층화	역삼동1	혼합	39.3	202.5	6.0	13.9	4.2	고층화로 차폐비를 낮추어 일조시간 확보
	상계동	아파트	17.3	205.2	3.8	33.2	4.6	
저층화	미아동	혼합	19.3	239.4	5.0	15.1	4.1	저층화로 차폐비가 낮음에도 일조시간을 적게 획득

지의 일조시간 증대를 위해서는 용도지역에서 규제하고 있는 용적률 뿐만 아니라 차폐비에 대한 주거지형태 기준 및 적용 방안이 마련되어야 한다.

용적률을 일조 확보를 위해 하향시킨다는 것은 토지의 효율적 이용과 시장영역에서의 사업 실현성 측면에서 불합리하다. 용적률을 통제할 경우, 차폐비가 제어 대상이 된다. 용도지역제는 용적률 규제와 함께 전용주거지역들에 대한 층수제한을 일부 포함하고 있으며, 지자체에서도 조례를 통해 별도의 기준을 마련하고 있다. 이러한 기준에서 차폐비는 반영되어 있지 않은데, 현행 건축법의 ‘일조권 사선제한’ 제도를 보완하여 차폐비를 반영한다면 일조를 고려한 주거지 규제가 가능할 것이다.

<표 5-5> 용도지역에서의 밀도 및 높이 규제

용도지역	국토부			서울시		
	건폐율	용적률	높이 제한	건폐율	용적률	높이 제한
제1종 전용주거	50%	100%	2층	50%	100%	2층
제2종 전용주거	50%	150%	4층	40%	120%	4층
제1종 일반주거	60%	200%	4층	60%	150%	4층
제2종 일반주거	60%	250%	-	60%	200%	25층
제3종 일반주거	50%	300%	-	50%	250%	35층
준주거	70%	500%	-	60%	400%	35층 (복합시 완화)
일반상업	80%	1,300%	-	60%	800% (사대문안 600%)	35층 (복합시 완화)

4. 차폐비 저감을 위한 공동주택 배치형태





앞서 비교분석 결과와 같이 고층의 공동주택 유형은 그 배치형태에 따라 일조시간이 영향을 미칠 가능성을 가지고 있다. 이는 주동배치를 어떻게 하느냐에 따라 차폐비가 달라지기 때문이다. 예를 들어 판상형 건물이 일렬로 배치될 경우 차폐비는 가장 낮게 나타나고, 동서로 건물이 에워싸는 ㄱ자 배치에 가까울수록 인접 건물과의 간격이 가까워 차폐비가 높아지고 궁극적으로는 일조환경이 열악해진다. 서초동 사례와 같이 판상형의 배치형태는 건폐율은 높아도 차폐비는 낮아지는 결과를 보였다.

그러나, 건축법에서 규정하고 있는 인동거리의 기준은 이와는 다르게 형성되어 있다. 정면으로 마주보고 있는 주동과의 거리를 인동거리로 규정하고 있기 때문에, 측면으로 인접한 주동과의 거리는 적용되지 않는다. 이러한 이유로 건축법의 인동거리 기준이 준수되어 건설된 공동주택들이 실제 일조시간 분석시 판례의 수인한도 기준에 미달되는 결과가 나타난다.

아파트형 대상지들 중 고밀에 해당하는 도곡동, 서초동, 잠실동, 반포동2 지역을 비교해볼 때 공동주택 배치형태가 차폐비에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 차폐비가 가장 낮은 서초동의 경우 판상형의 배치를 이루고 있고, 차폐비가 가장 낮은 잠실동의 경우 ㄱ, ㄴ 자 배치를 하고 있다.

본 연구의 분석 결과로 볼 때, 측면의 건물로부터 받는 일조환경의 영향은 분명히 존재한다. 동서향의 측면으로 배치되는 주거건물은 기본적으로 일조 획득에 불리하고, 인접 주동에 음영을 형성시키는 등 부정적 영향을 끼친다. 공동주택의 이러한 주동 배치는 현행 건축법에서의 인동거리 기준을 충족시킨다 하더라도, 일조권 확보 측면에서 지양하도록 하는 제도적 보완이 요구된다.

<표 5-6> 고밀 공동주택 대상지별 주동 배치

도곡동				서초동			
							
배치	차폐비	용적률 (%)	일조시간 (동지)	배치	차폐비	용적률 (%)	일조시간 (동지)
탐상형 (타워)	5.9	331.2	3.6 (3.4)	판상형	3.5	293.6	4.6 (4.1)
잠실동				반포동2			
							
배치	차폐비	용적률 (%)	일조시간 (동지)	배치	차폐비	용적률 (%)	일조시간 (동지)

VI. 결론

1. 연구 의의

본 연구의 결과는 우리나라의 다양한 주거지 형태들 중 일조시간의 확보 관점에서 관계와 영향을 미치는 건축 요소들을 발굴하고, 회귀모형을 통해 일조에 효율적인 주거지 형태를 제시하고 있다.

특히, 향후 주거지 개발에 대한 방향을 제시하고 있다. 가장 중요한 것은 고밀 개발은 일조 확보에 부정적인 영향을 미친다는 것이다. 이러한 주거지 밀도와 일조시간과의 관계는 Newman and Kenworthy(1979)가 주장한 밀도와 교통에너지의 관계와는 상반되는 패턴을 보여준다. 이는 도시계획·관리 정책에 있어서 기존의 고밀압축도시 사상을 동경하여 단순히 고밀도시를 지향할 것이 아니라 일조를 포함한 환경적·에너지 소비적으로 종합적인 측면에서 도시 형태를 고려하고 접근해야 한다는 시사점을 준다. 앞서 선행연구에서 살펴본 바와 같이 에너지 관점에서 차폐각도의 조절을 통한 더 많은 일조의 확보는 난방 수요와 조명에너지 소비를 감소시키기 때문에 에너지 총량적으로 저감효과를 수반한다(Steemers, 2003; Ratti, Baker and Steemers, 2005).

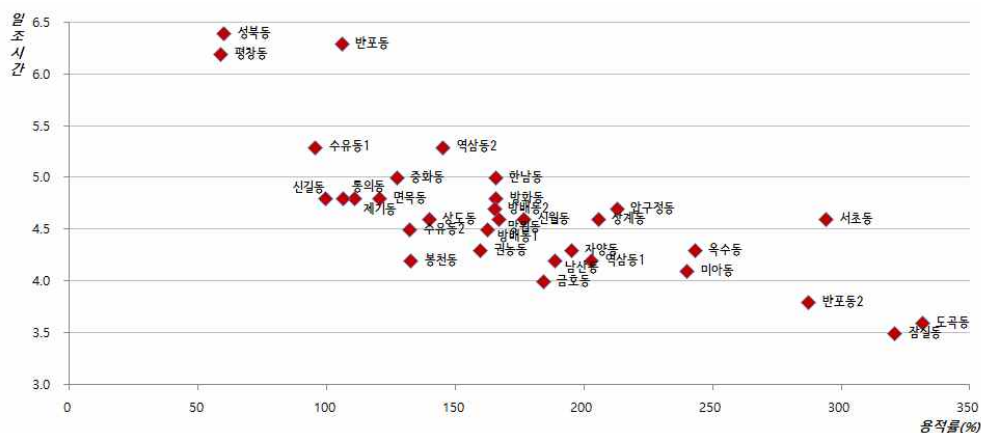
그러나, 인구 성장 등으로 인한 토지의 효율적 이용과 부동산 개발에 따른 수익성 측면에서 볼 때, 고밀 개발은 선택의 여지가 없다. 단, 도시계획에서 지역별 특성에 맞게 밀도를 관리하고 있으므로, 가급적 현재의 적정 밀도를 유지하려는 노력이 필요하다.

동일한 밀도 상에서는 차폐비가 낮은 주거지 형태가 일조 확보에 유리하다. 동일 밀도에서의 차폐비 조정은 건물 높이를 높이는 대신 건물 간격을 넓히거나, 건물 높이를 낮추는 대신 건물 간격을 좁히는 관계를 통해 가능하다. 유사 밀도의 대상지들을 비교해 본 결과, 고층화로 차폐비를 낮추는 모더니즘 도시의 형태와 저층화를 통해 차폐비를 낮춤으로

써 일조환경을 양호하게 만드는 사례들이 모두 나타나고 있다. 고층화를 통한 주거지는 역세권이나 고밀 개발이 필요한 지역에 적합한 모델로, 서울의 사대문안과 유럽의 역사도심 등 건축물의 최고높이 규제가 필요한 지역은 저층화된 주거지 방식을 활용하여 차폐비를 낮추는 모델 대안으로 적합해 보인다.

공동주택은 판상형의 배치형태가 차폐비가 낮고 일조시간을 가장 많이 확보하는 것으로 예측된다. 특히, 판상형은 건폐율은 높아도 차폐비는 낮아 다양한 형태에서 일조 확보에 유리한 것으로 판단된다. 이에 비해 탑상형은 타워식 주동 형태가 ㄱ자, ㄴ자 형태에 비해서는 일조시간이 많았다. ㄱ자, ㄴ자 주동 형태는 남향에 비해 불리하고, 인접 주동에 대해 음영을 형성시키는 부정적인 영향을 미친다.

공동주택들의 서울고법 판례에서 정한 일조권 수인한도 기준 미달은 건축법에서의 인동거리 규제가 일조권 확보에 제 기능을 하지 못하고 있는 것을 시사해준다. 그리하여 건축법 강화를 통해 현행 인동거리 기준에서 측면으로 인접한 주동과의 거리에 대해서도 포함시켜 이격 규제를 할 필요가 있다. 이와 더불어 건축계획 수립시 일조분석을 사전 평가하도록 의무화하고 인허가시 검토하도록 하여 건축법과 판례의 일조권 규



제에 정합성을 가지도록 해야 할 것이다. 일조분석 범위도 개발대상지 뿐만 아니라 주변지역을 포함함으로써 주변 지역의 영향도 함께 평가될 수 있도록 해야 할 것이다.

도시계획적으로 일조를 고려하고 관리할 수 있는 방안을 모색해 볼 때 용도지역제도의 용적률, 그리고 높이 기준을 적용해 볼 수 있다. 또한 차폐비를 도시계획 법·제도에 적용하기 위해서는 현행 건축법의 ‘일조권 사전제한’ 제도를 보완하여 차폐비 개념을 반영할 것을 제안한다.

2. 연구 한계 및 제언

1) 연구 한계

본 연구는 주거지형태와 일조시간 관련 방대한 정보를 구축하고, 이에 대한 정량적 분석을 실행함에 있어 분명하게 몇 가지 한계를 드러내고 있어 이를 언급하고자 한다.

첫째, 연구를 위해 활용된 건축 요소들 중 건물 향과 경사도의 경우 변수 특성에 의해 통계 분석에 활용되지 못하였다. 향후에는 이러한 변수들에 대해 해당 지역들의 향과 경사도 비교를 통한 한 영향분석을 실시하여 활용하는 방안을 모색할 필요가 있다.

둘째, 분석자료 구축에 대한 한계다. 본 연구에서는 분석과정에서 일부 수작업이 요구되는데, 건물 높이 자료의 보완 과정과 3차원 모델에 대한 surface 오류 보정, 분석에 불필요한 소규모 건물들의 제거 과정이 수작업으로 진행되어 그 한계를 가진다.

셋째, 분석대상지 선정의 한계다. 분석대상지 설정시 500×500m의 격자는 그 위치에 따라 포함되는 건물들의 건축요소들에 대한 통계량이 달라지게 된다. 그리하여 동일한 지역에서도 격자의 위치 변화에 따라 주거지의 대표성이 달라질 수 있다. 또한 분석대상지 수를 32개로 하여 분석을 실행하였기 때문에, 더 많은 표본수가 활용된다면 보다 설명력이 높은 분석 결과를 도출될 수 있을 것이다.

마지막으로 분석 모델은 건물의 입체적인 파사드나 재질 등에 의한 빛 반사 등이 반영되지 않아 실제 도시에서 일어나는 다양한 영향들의 고려가 부족하다. 또한, 저층부와 고층부의 일조시간 차이는 분명히 나타나는데, 이러한 일조시간의 형평성 측면이 고려되지 않았다. 향후 분석모델 구축에 있어 이러한 세부 사항들이 고려될 때 보다 정교한 분석과 풍부한 해석이 가능할 것이다.

2) 연구 활용방안 및 과제

본 연구의 결과는 지속가능한 도시와 주거환경을 위한 도시계획·설계적 가이드라인 수립 시 반영될 수 있다. 또한 기후변화 대응 측면에서 에너지 소비와 온실가스 배출을 저감하기 위한 도시 형태의 모델 개발에도 활용될 수 있을 것이다.

이와 더불어 최근의 스마트 도시 분야에서는 ICT, IoT 등 스마트 설비와 신재생에너지 인프라의 공급 뿐만 아니라 스마트한 도시계획, 도시설계를 구현하고자 그 개념과 전략 등을 모색하고 있다. 본 연구자는 스마트한 도시계획·설계는 데이터를 기반으로 도시를 계획·설계하고, 컴퓨터 모델링을 통한 일조, 바람, 그늘 등의 도시환경 분석을 통해 도시계획가들과 정책 결정권자들이 더 나은 대안을 모색하는 것으로, 스마트한 도시계획의 주요한 실행 수단으로 본 연구의 방법론과 연구 결과들이 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

서구의 연구에서 이루어졌던 도시 형태와 난방, 전기에너지 소비와의 상관성 분석은 도시 형태와 에너지 소비와의 관계에서 일조를 포함한 미기후 뿐만 아니라 거주자의 성향, 소득, 건물의 성능 등 다양한 외부요인들에 의해 영향을 받는데, 이 외부요인들에 대한 통제가 부족하다는 한계를 가지고 있다. 향후 본 연구에서 발전하여 컴팩트시티를 포함한 도시형태-일조-에너지 소비와의 인과관계를 종합적으로 밝히는 후속 연구가 진행되어야 하며, 이러한 다양한 외부요인들을 통제할 때, 신뢰도가 높은 후속 연구들이 이어질 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김유란·홍원화·서윤규·전규엽(2011), “공동주택 가족구성원별 전력소비성향에 관한 연구”, 「주거환경」, 22(6): 43-50.
- 노승철·이희연(2013), “가구 부문의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인 분석”, 「국토계획」, 48(2): 295-312.
- 박태식(2015), “대형건물 에너지소비 실태분석”, 「건축환경설비」, 9(3): 6-11.
- 산업통상자원부, 「제2차 에너지기본계획」, 2014.
- 서울시정개발연구원, 「서울의 도시형태 연구」, 2009.
- 서울특별시, 「서울시 지역에너지 계획」, 2015.
- 손세관(2000), 「도시주거 형성의 역사」, 열화당미술책방.
- 신상영·김민희·목정훈(2006), “서울숲 조성이 주택가격에 미치는 영향”, 「서울도시연구」, 7(4): 1-17.
- 심교언(2000), 「도시의 규모 및 밀도와 중심지 분포패턴이 교통에너지 소비에 미치는 영향 연구: 국내 중소도시를 대상으로」, 서울대학교 박사학위논문.
- 안건혁(2000), “도시형태와 에너지활용과의 관계 연구”, 「국토계획」, 35(2): 9-18.
- 양윤재(2011), “도시의 공간구조와 주거지 형태”, 「건축과 도시공간」, 4: 6-26.
- 여인애·윤성환(2011), “건축밀도계획에 따른 도시기후 변화의 정량적 분석”, 「대한건축학회논문집」, 27(7): 209-218.
- 여인애·이정재·윤성환(2009), “도시의 건폐율 및 용적률이 도시기후에 미치는 영향 분석”, 「한국태양에너지학회 논문집」, 29(3): 19-27.
- 이상현·오규식(2013), “도시 공간형태와 에너지 효율 간의 관계 분석”, 「국토계획」, 48(2): 139-153.
- 이왕제 외(2012), “대학건물의 에너지 소비 특성에 관한 사례분석”, 「한국태양에너지학회 논문집」, 32(4): 90-95.

- 이장범(2013), “일조권사선제한의 건축법 개정에 따른 효과와 보완 개선방안에 대한 연구”, 「대한건축학회 논문집」, 29(6): 233-242.
- 이종석 외(2008), 「건축계획」, 한솔아카데미.
- 이희연·노승철(2012), 「고급통계분석론: 이론과 실습」, 문우사.
- 전남일·홍형옥·손세관·양세화·박진희·은난순(2005), 「개항 이후 한국 주거의 역사와 근대화과정 연구: 문화사회사적, 일상사적, 건축사적 담론」, 한국학술진흥재단.
- 정숙진·윤성환(2015), “판상형 공동주택의 인동간격 및 배치 방위각이 일조·옥외열환경에 미치는 영향 분석”, 「대한건축학회논문집」, 17(6): 31-38.
- 정재원·이창호·이승일(2015), “서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석”, 「국토계획」, 50(8): 75-94.
- 조윤애·김경환(2008), “도시개발 밀도가 에너지 효율성에 미친 경향”, 「한국정책학회보」, 17(4): 113-134.
- 진원형·이재하(1998), “대도시의 지속가능한 개발을 위한 도시형태와 지표설정에 관한 연구”, 「국토계획」, 33(2): 205-221.
- Anderson, W. P., Kanaroglow, P. S. and Miller, E. J.(1996), "Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy", *Urban Studies*, 33(1): 7-35.
- Baker, N. & Steemers, K.(1992), *The LT method*, in: J.R. Goulding, J. Owen Lewis, T.C. Steemers (Eds.), *Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook*, Batsford for the Commission of the European Community, London.
- Banister, D.(1992), "Energy Use, Transport and Settlement Patterns", in Breheny, M. J.(ed.), *Sustainable Development and Urban Form*, London: Pion Ltd.
- Banister, D., Watson, S. and Wood, C.(1997), "Sustainable Cities: Transport,

- Energy, and Urban Form", *Environment and Planning*, 24:125-143.
- Breheny, M. J. & Rockwood, R.(1994), "Planning the Sustainable City Region", in Blowers, A.(ed.), *Planning for a Sustainable Environment*, London:Earthscan Pub., Ltd.
- Breheny, M.(1995), "The compact city and transport energy consumption", *Transactions of the Institute of British Geographers*, 20(1): 81-101.
- Boarnet, M. G. and Crane, R.(2001), *Travel by Design, The Influence of Urban Form on Travel*, New York: Oxford University Press.
- Chiri, G. M., Giovagnorio, I.(2012), "The role of the city's shape in urban sustainability", *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, Volume 3 No.3: 245-258.
- Ewing, R., Cervero, R.(2010), "Travel and the Built Environment", *Journal of the American Planning Association*, 76(3): 265-294.
- Givoni, B.(1989), *Urban design in different climates*, World Meteorological Organisation WMO/TD No. 346.
- Gorden, P., Richardson, H. and Wong, H. L.(1986), "The distribution of population and employment in a polycentric city: the case of Los Angeles", *Environment and Planning A*, 18: 161-173.
- Hitchcock, G.(1993), "An Integrated Framework for Energy Use and Behavior in the Domestic Sector", *Energy and Buildings*, 20(2): 151-157.
- Holden, E.(2004), "Ecological footprints and sustainable urban form", *Journal of Housing and Built Environment*, 19(1): 91-109.
- Hui, SCM.(2001), "Low energy building design in high density urban cities", *Renewable Energy*, 24: 627-640.
- Holden, E. and Norland, I. T.(2005), "Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region",

- Urban Studies*, 42(12): 2145–2166.
- Jabareen, Y. R.(2006), "Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts", *Journal of Planning Education and Research*, 26(1): 38–52.
- Jenks, M.(2000). *The acceptability of urban intensification, In achieving sustainable urban form*, ed. Katie Williams, Elizabeth Burton, and Mike Jenks, London: E & FN Spon.
- LSE Cities and EIFER(2014). *CITEIS AND ENERGY: Urban Morphology and Heat Energy Demand*, Final Report, the London School of Economics and Political Science.
- Martin, L. and March, L.(Eds)(1972), *Urban Space and Structures*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Mindali, O., Raveh, A., Salomon, I.(2004), "Urban density and energy consumption: a new look at old statistics", *Transportation Research Part A*, 38: 143–162.
- Mitchell, G.(2005), "Urban development, form and energy use in buildings: A review for the Solutions Project", *Draft information paper for the EPSRC SUE SOLUTIONS consortium*, Ver 1.1.
- Naess, P.(1997), *Fysisk planlegging og energibruk [Physical planning and energy use]*, Oslo: Tano Aschehoug.
- Newman, P. W. and Kenworthy, J. R.(1989), "Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of U.S. Cities with Global Survey", *Journal of the American Planning Association*, 55(1): 24–37.
- Owens, S.(1991), *Energy-conscious Planning: The Case for Action*, Council for the Protection of Rural England.
- Pawley, M.(1971), *Architecture versus Housing*, London: Studio Vista.
- Qin, B., Han, S. S.(2013), "Planning Parameters and Household Carbon Emission: Evidence from High-and Low-carbon Neighborhoods in

- Beijing", *Habitat International*, 37: 52-60.
- Ratti, C., Baker, N., Steemers, K.(2005), "Energy consumption and urban texture", *Energy and Buildings*, 37: 762-776.
- Rickaby, P. A.(1987), "Six settlement patterns compared", *Environmental and Planning B: Planning and Design*, 14: 193-223.
- Rode, P., Keim, C., Robazza, G., Viejo, P. & Schofield, J.(2013, in press), "Cities and energy: urban morphology and residential heat energy demand", *Environment and Planning B: Planning and Design*.
- Salat, S.(2009), "Energy loads, CO₂ emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behavior", *Building Research & Information*, 37(5-6): 455-467.
- Seoul Development Institute & International Seminar on Urban Form(2003), *International Urban Form Study: Development Pattern and Density of Selected World Cities*, Seoul Development Institute.
- Stead, D.(2001), "Relationships between land use, socioeconomic factors, and travel patterns in Britain", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(4):499-528.
- Steadman, J. P.(1979), "Energy and patterns of land use", In: Watson, D.(Ed.), *Energy conservation through building design*, McGraw-Hill, p.246-260.
- Steadman, P., Hamilton, I. and Evans, S.(2014), "Energy and urban built form: an empirical and statistical approach", *Building Research and Information*, 42(1): 17-31.
- Steemers, K.(2003), "Energy and the city: density, buildings and transport", *Energy and Buildings*, 35: 3-14.
- Wegener, M.(1993), *Reduction of CO₂ emissions of transport by reorganization of urban activities*, in: Y. Hayashi and J. Roy, eds.(1996): *Transport, Land-Use and the Environment*, Dordrecht:

Kluwer Academic Publishers, pp.103-124.

Wolsink, M.(2003), "The planning system and its impact on sustainable urban form and energy use", *ECEEE 2003 Summer Study-Time to turn down energy demand*, 575-586.

Yannas, S.(1998), *Living with the city: Urban design and environmental sustainability*, In *Environmentally friendly cities*, ed. Maldonado Eduardo and Simon Yannas, 41-48. London: James & James.

Abstract

The Influence of the Architectural Elements on the Sunlight Hours in Residential Area

Seong Woo Nam

Department of Environmental Planning
Graduate School of Environmental Studies
Seoul National University

In the meantime, we have been trying to find an efficient urban form for sustainable cities in the urban planning field. Focusing on the "Compact City Theory" of the late 20th century, it is changing and developing into policies to cope with climate change such as "Low-Carbon City" and "Smart City" in the 21st century and to create energy-saving urban area.

In urban area, buildings do not exist alone, but they are located with neighboring buildings and form the shape and structure of the area and city. The micro-climate that is formed according to the urban form affects the behavior of consuming energy in the building, resulting in a relationship that ultimately changes the energy

consumption.

Among these micro-climate, sunlight is closely related to lighting, cooling and heating energy consumption as well as residential comfort. Sunlight is an important criterion for choosing a residential area because residents prefer housing which is gained sunlight much more.

If so, what kind of residential area is beneficial for securing sunlight? In this regard, there is still few research that provides a comprehensive answer.

Therefore, the main purpose of this study is to clarify the relationship between the residential area in the urban area and the solar energy, and the influence of the individual buildings on the geometric shapes and structures. Also, it is to find the factors to be considered in order to create a better sunlight environment in residential areas through analysis of effective housing type model and influence of building elements to secure sunlight.

In this study, it is classified, residential type, residential type, mixed type into three types to reflect the characteristics of residential area in Korea. The results of the previous studies show that the five factors such as the building coverage, floor area ratio, obstruction ratio, building height, and the building orientation are selected and further height deviation and slope are predicted to correlate with the sunlight hours respectively.

In analysis, 25 representative districts and 7 representative residential districts in Seoul were selected. The size of the analysis area was selected in the form of a grid of 500×500m to reflect the

previous studies.

For the analysis, the building height of the building in the analysis area is constructed as a property in the GIS data and the model is build in 3D. In addition, the 2D GIS data is linked with the DEM that contains the terrain information, The process of converting to a model was done together.

As a result of the type analysis of the residential architectural elements, the average of the type of building coverage was highest in 36.6% of low-rise residential type, 32.7% in mixed type and 18.1% in apartment type. The average of the floor area ratio was 108.6% for low-rise residential type, 250.7% for apartment type and 176.5% for mixed type.

In the case of the obstruction ratio, which is the ratio of the building height to the pitch of building, apartment type was lowest, 4.3, mixed type was 5.9, and low-rise type was 6.1. As for the height of the building, apartment type is the highest at 49.6m, mixed type is 11.1m and low type residential type is 7.2m. The orientation of building was 180.0° in the apartment type and the most southward in the apartment type, 182.1° in the low-rise residential type and 187.9° in the mixed type.

The height deviation was 7.8m for low-rise residential type, 13.3m for mixed type, and 26.9m for apartment type. In case of inclination to judge the terrain, mixed type is 5.0° , low-rise residential type is 3.7° , and apartment type is 1.2° , and apartment type is located in the most flat area.

In the analysis of sunlight hours, the low-rise residential type was the highest at 5.1 hours, the mixed type at 4.5 hours, and the

apartment type at 4.4 hours. In the analysis of apartment housing on the day of winter solstice, in Banpo-dong 1, the sunlight decreased from 6.3 hours to 6.0 days. In Appujeong-dong, it decreased slightly from 4.7 hours to 4.5 days. Sanggye-dong (4.6 \rightarrow 3.8), Banpo-dong 2 (3.8 \rightarrow 3.0) and Jamsil-dong (3.5 \rightarrow 2.9) showed a relatively large decrease in sunlight hours. It is analyzed that Jamsil-dong shows the least sunlight hours of the whole area with the annual sunlight hours. In the case of Dogok-dong, the amount of decrease was small from 3.6 hours to 3.4 hours. Sanggye-dong (3.8), Jamsil-dong (2.9), Banpo-dong 2 (3.0) and Dogok-dong (3.4) were among the destinations with a total daily amount of less than four hours during the winter solstice. It has been found that the apartment houses constructed by standard of pitch of building in the building-law do not meet the limit standard of bearable to live.

Correlation and multiple regression analysis were conducted to analyze the relationship and influences of the sunlight hours and the architectural elements of the residential area. Correlation analysis showed that the sunlight hours was correlated with the floor area ratio (-0.764), obstruction ratio (-0.556), building height (-0.498), and height deviation (-0.396). There was no significant correlation with the building coverage. The characteristics of the building orientation and slope factor were analyzed by the analysis of correlation with the sunlight hours and the interpretation of the relation through scattering. At the result, both of the variables showed no significant pattern.

As a model 1, all the architectural elements were independent variables and the sunlight hours and regression analysis were

performed. As a result of the standardization factor, the floor area ratio was -0.889 (significance probability 0.000). The obstruction ratio was -0.355 (significance probability 0.002), which was the next most influential factor. The building coverage was not consistent with the negative effect of regression analysis.

Model 2 is the result of reestablishing sunlight hours and regression analysis with two factors, floor area ratio and obstruction ratio, as independent variables. When we look at the difference from model 1, the de-normalization factor and the standardization factor decrease in model 2 in the case of the floor area ratio. Decreasing the standardization factor means that the influence is smaller. When the obstruction ratio is observed, both the de-normalization factor and the standardization factor increase in the model 2 as compared to the model 1. This can be interpreted as the explanatory power of the obstruction ratio is increased and the explanatory power of other architectural elements including the floor area ratio in Model 1 is converted into the obstruction ratio. In addition, the probability of significance of the obstruction ratio is lowered from 0.002 to 0.000 , and the significance of the obstruction factor of the model 2 is increased with respect to the daylight hours.

Based on the results of correlation and regression analysis between the architectural elements of the residential area and daylight hours, we confirmed that the daylight hours are most influenced by the floor area ratio, that is, the density. After the density, the obstruction ratio affects, and if the density is the same, the obstruction ratio causes the sunlight to become differentiated.

The residential areas analyzed were generally lowered in terms of

the obstruction ratio to the residential area where the distance between the high-rise buildings is wide like the city of modernism. On the contrary, the case of lowering the obstruction ratio in the form of lower layer and securing more sunlight hours, and the influence of the terrain and the layout of buildings, reveals a relationship that can not be explained by the regression model. Especially, in the case of the layout of buildings, it is evaluated that the obstruction ratio is lowered when the plate-shaped buildings are arranged in a row, and in the case of □-shaped building layout, the sunlight environment becomes worse because the distance from the adjacent building is closer to the arrangement of the surroundings.

The result of this study is to identify the architectural elements that affect the relationship and influence in terms of securing the sunlight hours among various residential areas in Korea, and suggest an effective residential type in the sunlight through the regression model. Most importantly, high density development has a negative impact on securing sunlight. This suggests that urban planning and management policies should not only focus on high-density cities, but also consider the urban forms in terms of environmental and energy consumption including the sunlight. From the energy point of view, securing more sunlight through control of the angle of obstruction reduces energy demand and lighting energy consumption, thus contributing to a reduction in total energy consumption.

However, in terms of the efficient use of land due to population growth and the profitability of real estate development, we have no choice to high density development. Urban planning manages the density according to regional characteristics, so it is necessary to try

to maintain the current density.

At the same density, a residential area with a low obstruction ratio is advantageous for securing sunlight. The obstruction ratio adjustment at the same density is possible by increasing the pitch of building instead of increasing the building height, or by reducing pitch of building instead of lowering the building height. As a result of comparison of the sites with similar density, there are all cases of making the sunlight environment good by lowering the obstruction ratio through the shape of the modernism that lowers the obstruction ratio by the high-rise or the low-rise. The residential area through high-rise is suitable for the station area and the area where high density development is needed. Regions requiring maximum height regulation of buildings such as historical CBD area in Seoul and European historical city center seem to be suitable as model alternatives to lower obstruction ratio by using lowered housing type.

It is predicted that plate-shaped layout of apartment type has the lowest obstruction ratio and secures most sunlight hours. Especially, the obstruction ratio is low in the case of the plate-shaped type with a high building coverage, which is considered to be advantageous in securing the sunlight in various forms. On the other hand, the tower type had more sunlight hours than the form of \sqcap or \sqcup . The form of \sqcap or \sqcup is disadvantageous compared with the orientation to south, and has a negative influence on the formation of the shade from the adjacent buildings.

It is suggested that the regulation of the pitch of building in the building-law does not function in securing the right of sunlight in relation to lack of limit standard of bearable to live. It is necessary

to control the distance from the adjacent buildings in the current regulation to pitch of building through the strengthening building-law. In addition, it is necessary to make a preliminary evaluation of the analysis of sunlight when establishing the architectural plan, and to review it when permitting, so that it should be consistent with the building-law and law-cases. Furthermore, the scope of the sunlight analysis should include not only the development site but also the surrounding area so that the influence of the surrounding area can be evaluated together.

When we look for ways to consider and manage sunlight in urban planning, we can apply the floor area ratio and the height standard of the zoning regulation. Also, in order to apply the obstruction ratio to the urban planning law and system, it is suggested that the concept of obstruction ratio should be reflected by supplementing the "setback regulation of the right to sunlight" of the current building-law.

The results of this study can be reflected in the establishment of urban planning and design guidelines for sustainable urban and residential environments. It can also be used to develop urban models to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions in response to climate change.

In recent, as regards smart city, we are seeking not only smart facilities such as ICT, IoT, and renewable energy infrastructure but also concepts and strategies to implement smart city planning and design. Smart city planning and design is based on data, and urban planners and decision-makers seek better alternatives through analysis of urban environment such as sunlight, wind, and shade

through computer modeling. Therefore, the methodology and research results of this study can be utilized as the main means of implementing smart urban planning.

Keywords: Architectural Elements in Residential Area, Sunlight Hours, 3-Dimensioned Urban Model, Relationship and Influence, Sustainable Urban Form, Smart Urban Planning and Design

Student Number: 2013-30703